Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Mejora del planeamiento y control de compras de insumos y materiales utilizando modelos estocásticos de inventarios

TESINA

Para optar el Título Profesional se Ingeniero Industrial

AUTOR

Yeltsin Sixto BENITES CORONADO

ASESOR

Feliciano MUÑOZ OSIRIS

Lima, Perú

2017

Referencia bibliográfica

Benites, Y. (2017). *Mejora del planeamiento y control de compras de insumos y materiales utilizando modelos estocásticos de inventarios*. [Tesina de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

ACTA Nº006-DAcad-FII-2017

SUSTENTACIÓN DE TESINA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **Miércoles 05 de Abril de 2017**, a las 16:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesina:

"MEJORA DEL PLANEAMIENTO Y CONTROL DE COMPRAS DE INSUMOS Y MATERIALES UTILIZANDO MODELOS ESTOCÁSTICOS DE INVENTARIOS"

Que presenta el Bachiller:

BENITES CORONADO, YELTSIN SIXTO

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Perfeccionamiento Profesional.**

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 5:00pm horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido aprobado por unanimidad con la calificación promedio 19, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 05 de Abril de 2017

ING. ARROYO SALAZAR JORGE HUGO OMAR
Presidente

ING. MENDOZA ALTEZ EDGARDO AURELIO
Miembro

MG. FELICIANO MUÑOZ OSIRIS
Asesor

DEDICATORIA

A mis amados padres y a mi linda hermana, por su apoyo incondicional durante todos estos años.

INTRODUCCION

En la actualidad todas las empresas buscan ser más eficientes en sus procesos internos con la finalidad de volverse más competitivas. Unos de los indicadores financieros que se ven en el estado de resultados son los márgenes de utilidad, y que gerente no estaría interesado si entras a su oficina y le propones un proyecto que incrementara su margen bruto u operativo en 5% o 10%, a partir de un mayor valor de ventas o una reducción de costos.

Así mismo otro de los indicadores financieros que caracteriza a las empresas competitivas es la liquidez. Es normal en las empresas que presenten más egresos que ingresos de efectivo en un período (déficit) busquen un financiamiento para pagar sus deudas, alquileres, salarios o incrementar su capital de trabajo. Y si bien ese dinero se puede pagar en cómodas cuotas futuras, existe un interés de por medio, o también llamado costo de la deuda.

Existen distintas formas de mejorar la liquidez, especialmente a través del flujo de caja como reducir las cuentas por cobrar, aplazar las cuentas por pagar, facturar rápidamente, aprovechar incentivos de adelantos y una de las más importantes es la reducción de inventarios. Los inventarios ya sea de materia prima, productos en proceso o terminados representan dinero inmovilizado y entre mayor sea el tiempo que tome la rotación de dicho inventario menor será la liquidez de la empresa.

Se han desarrollado modelos y sistemas como *Just in Time o Lean Management* a lo largo de los años que hacen hincapié en la reducción de inventarios pues lo consideran un desperdicio de recursos y no solamente por el valor de dinero

inmovilizado, sino que también ocultan otros problemas (calidad, producción, distribución, etc.) que enferman a la organización y que incrementan los costos de la misma.

Esta reducción de inventarios debe ir alineada a las estrategias de una empresa, porque sería injustificable decir que no se pudo vender determinado bien o servicio, es decir afectar la rentabilidad sobre las ventas de la empresa debido a que no se tuvo suficiente stock de algún producto.

Es bajo esta necesidad que distintos autores crearon los *Modelos de Inventarios,* diseñados para encontrar el punto ideal u óptimo de cuánto y cuándo se debe comprar o producir, reduciendo los costos asociados que lleva tener estas existencias y lo que puede significar no tenerlos.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS

INDICE DE GRAFICOS

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANALISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA

La EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS, la cual se llamará así en adelante por políticas propias de privacidad, pertenece a un grupo que cuenta con más de 100 plantas de producción en más de 20 países y comercializa en más de 130 alrededor del mundo. El portafolio de negocios se dirige a productos alimenticios, aminoácidos, farmacéuticos y de la salud.

La Empresa Productora de Alimentos tiene 50 años en el mercado nacional, y cuenta con unas oficinas administrativas ubicadas en La Victoria y una planta de producción ubicada en el Callao. Actualmente tiene dos unidades de negocio: la de Alimentos y la de Fertilizantes, siendo la primera el “Core business” de la empresa.

Con el transcurrir de los años ha ido ampliando la variedad de productos que ofrece bajo distintas marcas, siendo algunos: las sopas instantáneas, salsa de soya, aditivos alimenticios y sazonadores como concentrados de gallina, carne, pescado, etc.

Todos estos productos han tenido un crecimiento de ventas tanto en el mercado nacional como en el de exportación. Es debido a ello que se ha incrementado considerablemente la variedad de insumos y materiales que maneja la empresa ahora en comparación a lo que tenía hace 10 años; y el nivel de inventario que tiene de cada uno de estos también es mayor.

Actualmente existen cuatro (04) responsables de la planificación de compras de los materiales e insumos, divididos funcionalmente y geográficamente en cada centro de producción de acuerdo a los tipos de productos que se elaboran allí. No existe una metodología de planificación estandarizada para todos los responsables, de hecho, cada uno lleva dicha actividad de manera independiente.

A pesar de que cada centro de producción cuenta con su propio almacén de materiales e insumos, no se ha llevado un adecuado control de los inventarios, lo que ha ocasionado en algunos momentos oír frases como "*No podemos producir porque el material X se agotó*" o "*habrá quiebre se stock del producto Y la siguiente semana*".

Sin embargo, no solo el desabastecimiento es un problema que se ha evidenciado, por otro lado, se tiene el sobre stock, si bien han sido pocas las veces en las cuales el encargado de almacén informó que tenía el almacén repleto, nada asegura que los niveles de inventarios de los otros insumos y materiales no se puedan reducir mejorando así la liquidez de la empresa.

Si bien no se tiene la información detallada de los estados financieros del último periodo anual, se sabe que en el plan trienal 2017-2019 la empresa está considerando alcanzar un margen de utilidad bruta mayor al 45% y un margen de utilidad operativa mayor a 12%. Así mismo en la presentación de dicho plan la gerencia general recalcó la importancia de tener un flujo de caja eficiente, a partir de un mayor control de los inventarios y de las cuentas por cobrar y pagar.

Actualmente la empresa cuenta con el software ERP SAP R/3 en el cual se registra todos los movimientos (entradas y salidas) de los productos, materiales, insumos, suministros, etc. Sin embargo, la planificación de compras de materiales e insumo se realiza mediante un MRP en una Hoja Excel de manera independiente por cada responsable y luego se genera las órdenes de compra de manera manual, esto refleja la falta de integración en la gestión de compras con el sistema de la empresa.

Dada la situación actual de la empresa es necesario diseñar o adoptar un modelo para la planificación y control de compras de insumos y materiales que apoye las estrategias de la empresa de incrementar su rentabilidad y mejorar su flujo de caja.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

El desabastecimiento y sobre stock de insumos y materiales en la empresa perjudican sus márgenes de utilidad al afectar las ventas e incurrir en costos excesivos o innecesarios, y su índice de liquidez al disminuir su efectivo disponible.

1.2.1 CAUSA DIRECTA

- Deficiente Gestión en el Planeamiento y Control de Compras, la cual no está estandarizada en los distintos responsables y no está integrada al sistema de información de la empresa pudiendo generar errores en fechas y cantidades.

1.2.2 CAUSAS INDIRECTAS

- Naturaleza variable de la demanda.
- Stocks de seguridad no definidos.
- Mala comunicación con los proveedores.
- Costos de transporte o fletes.
- Retrasos en procesos internos.
- Variabilidad en el tiempo de entrega.
- Longitud del tiempo de entrega.
- Capacidad de almacenamiento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar el Planeamiento y Control de Compras de Insumos y Materiales utilizando Modelos Estocásticos de Inventarios que consideren la naturaleza variable de la demanda y el tiempo de entrega.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos que se propone alcanzar son los siguientes:

- Identificar los insumos y materiales más importantes a partir de una clasificación ABC respecto a su demanda.
- Seleccionar un modelo estocástico de Inventario que se adecue a cada insumo o material seleccionado.
- Calcular los parámetros de cada Modelo Estocástico que minimicen el costo total de los inventarios.
- Calcular el nivel de Stock de Seguridad en días y Nivel de Servicio que se tiene para cada insumo o material.
- Demostrar la reducción de costos que se tendrá al final como consecuencia de aplicar dicha metodología, y que influirá en la rentabilidad y liquidez de la empresa.
- Integrar el modelo de inventarios con el sistema de información (SAP) de la empresa, de tal forma que se utilice mejor dicho recurso.

1.4 JUSTIFICACION

Se tiene facilidades en la información actual de insumos y materiales correspondiente al centro de producción de Salsa de Soya más conocido como Sillao. Por lo cual se quiere aplicar en primer lugar esta metodología de Modelos de Inventarios en este producto, y en un corto plazo replicarlo en los demás productos de los distintos centros de producción.

Así mismo se quiere estandarizar la planificación de compras de todos los insumos y materiales a partir del uso conjunto del sistema de información por parte de los 4 responsables, para ello es necesario calcular los parámetros de los modelos de inventario para cada insumo y material e ingresarlo en la data maestra de cada uno.

1.5 HIPOTESIS Y VARIABLES

1.5.1 HIPÓTESIS

Los modelos estocásticos pueden ser aplicados en el planeamiento y control de compras de insumos y materiales para reducir los costos asociados a desabastecimiento y sobre stock.

1.5.2 VARIABLES

Como variable independiente se define los modelos estocásticos de inventarios que determinan cuánto y cuando pedir, y como variable dependiente los costos asociados a dichos inventarios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 VARIABLES ALEATORIAS

2.1.1 DEFINICION

Mendenhall et al, (2010, p. 163) afirman que "una variable X es aleatoria si el valor que toma correspondiente al resultado de un experimento, es una probabilidad o evento aleatorio.

Una variable aleatoria se puede definir como una aplicación del espacio muestral en el cuerpo de los números complejos de orden N, que asocia a cada elemento del espacio muestral un vector de N números complejos. (Alberola, 2004, p. 47)

De lo mencionado anteriormente podemos concluir que una variable aleatoria (VA en adelante) es una función que relaciona cada resultado de un espacio muestral a un número real, donde el espacio muestral es el conjunto de todos los resultados posibles de un fenómeno aleatorio sobre el cual existe incertidumbre. A un subconjunto del espacio muestral se le suele definir como evento o suceso.

2.1.2 TIPOS DE VA

Discretas: Las VA discretas son aquellas que pueden tomar valores discretos, numerables o cualquier valor entero. Esto independientemente de si el conjunto es finito o no.

Continuas: Las VA continuas por el contrario pueden tomar cualquier valor real de un conjunto infinito no numerable.

2.1.3 FUNCIONES DE LAS VA

Las funciones de las VA permiten observar el comportamiento probabilístico para un conjunto de posibles valores.

2.1.3.1 Función de Probabilidad

La función de probabilidad de una VA discreta $\boldsymbol{X}$ indica la probabilidad $\boldsymbol{p_i}$ de que asuma un valor puntual $\boldsymbol{x_i}$. No necesariamente es una función, puede ser una gráfica o una tabla.

$$\boldsymbol{P(X = x_i) = p_i}$$

2.1.3.2 Función de Distribución y Función de Densidad

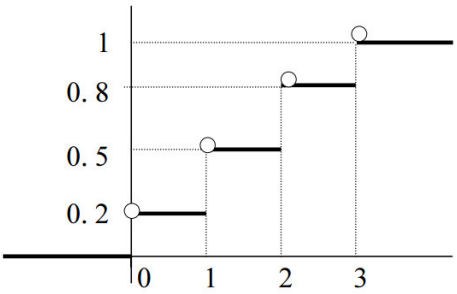
La función de distribución indica la probabilidad de que la VA $\boldsymbol{X}$ tome valores menores o iguales a un valor $\boldsymbol{x}$.

$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x)}$$

Para VA discretas la función de distribución es escalonada desde 0 a 1 y discontinua en cada $\boldsymbol{x_i}$, con saltos equivalentes a la probabilidad $\boldsymbol{p_i}$ de la Función de Probabilidad.

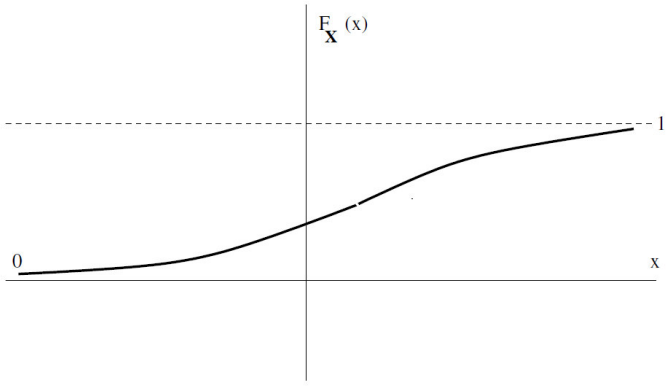
$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} P(X = x_i)}$$

Gráfico 2.1: Función de Distribución para VA Discreta.



Para VA continuas la función de distribución es continua y presenta asíntotas horizontales en los valores 0 y 1 si el conjunto es todos los reales.

Gráfico 2.2: Función de Distribución para VA continua.



La Función de Distribución de una VA continua está relacionada a su **función de densidad** $\boldsymbol{f(x)}$, ya que la integral de esta o el área bajo la curva, en un determinado intervalo, permite calcular su probabilidad.

$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^{x} f(u)du}$$

2.1.4 PARAMETROS DE LAS VA

2.1.4.1 Media

También llamada esperanza o valor esperado, es el valor que se esperaría observar en promedio si el experimento se repite una y otra vez. (Mendenhall et al, 2010, p. 166)

Esta se calcula como la sumatoria del producto entre la probabilidad de ocurrencia y el valor de la variable.

Para VA Discretas:

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{X}) = \sum_{i=1}^{n} x_i \, P(X = x_i) = \sum_{i=1}^{n} x_i \, p_i = \mu$$

Para VA Continuas:

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{X}) = \int_{-\propto}^{\propto} x f(x) dx = \mu$$

Algunas propiedades importantes de la Media o Esperanza son las siguientes:

$\forall \; a, b \; \in R \; \rightarrow \; E(aX + b) = aE(X) + b$

$\forall \; X \; e \; Y \rightarrow \; E(X \pm Y) = E(X) \pm E(Y)$

$Si \; X \; e \; Y \; son \; independientes \; \rightarrow E(X.Y) = E(X).E(Y)$

2.1.4.2 Varianza y Desviación Estándar

La varianza describe la dispersión o variabilidad de la variable aleatoria usando el promedio o valor esperado del cuadrado de las desviaciones de los valores x desde su media μ. (Mendenhall et al, 2010, p. 167)

Para VA Discretas:

$$\boldsymbol{V(X)} = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \mu)^2 \, p_i = \sigma^2$$

Para VA Continuas:

$$\boldsymbol{V(X)} = \int_{-\propto}^{\propto} (x - \mu)^2 f(x) dx = \sigma^2$$

Para ambos casos la desviación estándar se calcula a partir de la raíz cuadrada de la varianza: $\sigma = \sqrt{V(X)} = \sqrt{\sigma^2}$

Algunas propiedades de la Varianza son las siguientes:

$V(X) \geq 0$

$V(aX + b) = a^2 V(X) \; \forall \; a, b \in R$

$Si \; X \; e \; Y \; son \; independientes \; \rightarrow V(X + Y) = V(X) + V(Y)$

$V(X) = E(X^2) - E(X)^2$

2.1.4.3 Coeficiente de Variación

Este indicador permite analizar la variación de la desviación estándar respecto a la media de cualquier variable ya sea aleatoria o estadística.

$$C.V.(X) = \frac{\sigma}{\mu}$$

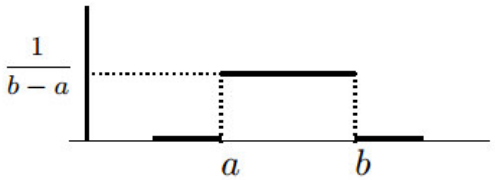
2.1.5 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD TEORICAS

Existen distribuciones de probabilidad con su propias funciones y parámetros que definen el comportamiento de una VA, estas distribuciones deben ser contrastadas a partir de pruebas de bondad ajuste como la Chi Cuadrada de Pearson o la de Kolmogorov-Smirnov antes de afirmar que la VA sigue alguna de estas.

2.1.5.1 Distribución Uniforme

Se puede presentar en VA discretas o continuas y se caracteriza por que todos los posibles valores de la VA tienen la misma probabilidad de ocurrencia.

Gráfico 2.3: Distribución de Probabilidad Uniforme.



Funcion de Densidad y Probabilidad: $f(x) = \frac{1}{b-a} \quad \forall\, x \in [a, b]$

Funcion de Distribucion: $F(x) = P(X < x) = \frac{x-a}{b-a}$

Parametros de la Distribucion Uniforme:

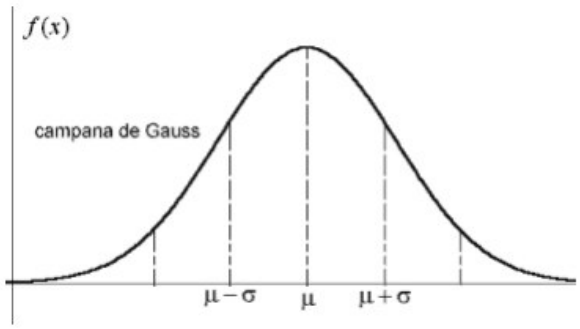
$$\mu = E(X) = \frac{a+b}{2}$$

$$\sigma^2 = V(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$$

2.1.5.2 Distribución Normal

Es la distribución más importante, pues describe una gran cantidad de fenómenos aleatorios. Mendenhall et al, (2010, p. 223) dicen que "un gran número de variables aleatorias observadas en la naturaleza poseen una distribución de frecuencia que tiene más o menos la forma de montículo, o bien, como diría un estadístico, es aproximadamente una distribución normal de probabilidad".

Gráfico 2.4: Distribución de Probabilidad Normal o Gaussiana.



Funcion de Densidad :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \qquad \forall\, x \in R$$

Propiedades y Parametros de la Distribucion Uniforme:

$\mu = E(X)$

$\sigma^2 = V(X)$

Sea $X = N(\mu, \sigma)$ entonces $Y = aX + b$ sigue una distribucion normal con

$N(a\mu + b, a\sigma)$

La Funcion de Distribucion $P(X < x)$ de una Distribucion normal $N(\mu, \sigma)$ se puede calcular integrando la funcion de densidad o transformando la variable x a una z y utilizando la tabla de distribucion $N(0,1)$ o Tabla Z.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

2.1.6 DISTRIBUCION EMPIRICA

La distribución de probabilidad para una variable aleatoria discreta luce muy semejante a la distribución de frecuencia relativa. La diferencia es que la distribución de probabilidad se construye como un modelo para toda la población de mediciones. (Mendenhall et al, 2010, p. 166)

Si la variable aleatoria es discreta, la distribución empírica se obtiene asignando a los valores observados la frecuencia relativa con la que aparecen en la muestra. Este procedimiento es muy habitual, por no decir el que más se utiliza, para variables aleatorias discretas, especialmente cuando no existen fundamentos para suponer que la distribución pueda seguir un modelo concreto del tipo Binomial, Poisson o relacionadas. (Vitoriano, 2013, p.16)

De lo dicho por los autores, se afirma que otra manera de aproximar las funciones de distribución de probabilidad de una VA es a partir de la distribución empírica, la cual utiliza la tabla de frecuencias de una muestra representativa de la población.

2.1.6.1 Pasos para elaborar Tabla de Frecuencias

Seleccionar Muestra Representativa: Las distribuciones empíricas basan su probabilidad en datos observados, por lo que entre mayor sea la muestra o más representativa sea, será mejor.

Calcular Cantidad y Longitud de Intervalos: Para hallar la cantidad de Intervalos se utiliza la ecuación de Sturges: $1 + 3.3\log(n)$ donde n es la cantidad de datos y la longitud de intervalo es el cociente entre el rango de datos y la cantidad de intervalos.

Calcular Marca de Clase Xi: Es el punto medio de los limites superior e inferior de cada intervalo.

Calcular Frecuencias Absoluta fi: Es la cantidad de datos observados dentro de un intervalo.

Calcular Frecuencia Relativa hi: Es la proporción de la frecuencia absoluta respecto a los datos totales.

Tabla 2.1: Tabla de frecuencias de Días de Espera.

Rango de datos	Marcas de Clase	Frec. Absoluta	Frec. Relativa
[2 - 3 [	3	1	0.05
[3 - 5 [	4	2	0.10
[5 - 6 [	6	5	0.25
[6 - 8 [	7	9	0.45
[8 - 11 [	9	3	0.15
		20	1.00

Del ejemplo de tabla de frecuencias, se puede aproximar una función de Probabilidad para la VA discreta, días de espera, utilizando las marcas de clase y la frecuencia relativa, y a partir de esta función de probabilidad se puede calcular parámetros como media E(X) y varianza V(X)

Tabla 2.2: Función de Probabilidad de Días de Espera.

xi	3	4	6	7	9
pi	0.05	0.1	0.25	0.45	0.15

La distribución empírica es recomendable cuando no se puede ajustar datos a una distribución teórica.

2.2 INVENTARIOS

2.2.1 DEFINICION

Los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa.
(Ballou, 2004, p. 326).

Chase (2009, p. 547) define el inventario como “las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización”

Se puede decir que un inventario son todos los bienes que una empresa dispone durante un periodo de tiempo hasta su utilización, ya sea para el consumo interno o la venta a sus clientes.

2.2.2 TIPOS DE INVENTARIO

Chapman (2006, p.101) afirma que hay categorías para la clasificación de inventarios, dentro de lo más importante para un sistema de producción se puede señalar los siguientes:

- Según Fuente de la Demanda.

  Inventario de Demanda Independiente: La demanda es ajena a la empresa, generalmente la origina un cliente externo y es para productos terminados.

Inventario de Demanda Dependiente: La demanda es decidida por la empresa sobre que producto fabricar, cuanto y en qué momento.

- Según Posición en el Proceso.

Inventario de Materia Prima: Es el inventario que se utiliza directamente en el proceso de producción, incluye también el de insumos y materiales.

Inventario de Trabajo en Proceso: Es el inventario que ya ha recibido un valor agregado y se utilizara en la elaboración del producto final.

Inventario de Bienes Terminados: Son los productos disponibles para satisfacer la demanda de los clientes.

2.2.3 ADMINISTRACION DE INVENTARIOS

En la actualidad, la administración de inventarios es uno de los retos más importantes que enfrentan los directivos en cuestión de planificación y control, sobre todo en empresas de manufactura. Aunque técnicamente los inventarios constituyen un activo en el balance general de la compañía, casi todos los ejecutivos contables o financieros consideran que mantenerlos implica un gasto significativo, y que su misión es minimizarlo lo más posible.

(Chapman, 2006, p.99)

La finalidad de la administración de inventarios es definir que políticas o reglas se llevará para el control de estos, no solo de productos finales sino también de materiales, insumos y demás recursos.

2.2.3.1 Propósitos del Inventario

Chase et al, (2009, p. 548) sostienen que: todas las empresas (incluidas las operaciones justo a tiempo) mantienen un suministro de inventario por las siguientes razones:

- **Para cubrir la variación en la demanda**.

Si la demanda del producto se conoce con precisión, quizá sea posible (aunque no necesariamente económico) producirlo en la cantidad exacta para cubrir la demanda. Sin embargo, por lo regular, la demanda no se conoce por completo, y es preciso tener inventarios de seguridad o de amortización para absorber la variación.

- **Para permitir flexibilidad en la programación de la producción**.

La existencia de un inventario alivia la presión sobre el sistema de producción para tener listos los bienes. Esto provoca tiempos de entrega más alejados, lo que permite una planeación de la producción para tener un flujo más tranquilo y una operación a más bajo costo a través de una producción de lotes más grandes. Por ejemplo, los altos costos de configuración favorecen la producción de mayor cantidad de unidades una vez que se realiza la configuración.

- **Protegerse contra la variación en el tiempo de entrega**.

Al pedir material a un proveedor, pueden ocurrir demoras por distintas razones: una variación normal en el tiempo de envío, un faltante del material en la planta del proveedor que da lugar a pedidos acumulados, una huelga inesperada en la

planta del proveedor o en una de las compañías que realizan el envío, un pedido perdido o un embarque de material incorrecto o defectuoso.

- **Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido**.

Hay costos relacionados con los pedidos: mano de obra, llamadas telefónicas, captura, envío postal, etc. Por lo tanto, mientras más grande sea el pedido, la necesidad de otros pedidos se reduce. Asimismo, los costos de envío favorecen los pedidos más grandes; mientras más grande sea el envío, menor será el costo unitario.

2.2.3.2 Costos de Inventarios

Dentro de los principales costos asociados a la administración de inventarios, muchos modelos coinciden en los siguientes:

- **Costo de Pedido y Organización**

El costo de pedido incluiría el costo de trabajo administrativo y facturación asociado con un pedido. Si el producto se hace internamente y no se pide a una fuente externa, el costo de mano de obra para preparar y detener una máquina para una fase de producción. (Winston, 2005, p. 846)

Este costo no depende directamente de la cantidad a pedir o fabricar, por lo que se le puede considerar un costo fijo cada vez que se requiera realizar un pedido.

- **Costo de Compra Unitario**

Es el precio por unidad de un artículo de inventario. En ocasiones, el artículo se ofrece con un descuento si el tamaño del pedido excede una cantidad determinada, lo cual es un factor al momento de tomar la decisión de cuánto pedir. (Taha, 2012, p. 457)

- **Costo de Mantener Inventario**

Es el costo por mantener una unidad de inventario durante un periodo de tiempo, el cual incluye costos de almacenamiento, costo de oportunidad, seguros, impuestos y costo por deterioro o robos.

El costo del dinero en conexión con el inventario puede representar más de 80% del costo total de mantenerlo. (Ballou, 2004, p.338)

Tabla 2.3: Porcentajes relativos del costo de mantener inventario.

Costos de Interés y Oportunidad	82.00%
Obsolescencia y depreciación física	14.00%
Almacenamiento y manejo	3.25%
Impuestos de propiedad	0.50%
Seguros	0.25%
Total	100.00%

Fuente: Ballou (2004) “Administración de la Cadena de Suministros”

Así mismo Winston (2005, p. 847) sostiene que “el componente más importante del costo de mantener, es el costo de oportunidad incurrido por inmovilizar capital en el inventario. La mayoría de las empresas asumen que su costo anual de mantenimiento es 20% a 40% del costo de compra unitario.

- **Costo por Faltantes**

El costo por faltantes surge cuando la cantidad que se requiere de un bien (demanda) es mayor que el inventario disponible.

(Hillier y Lieberman, 2006, p. 837)

Hay dos tipos de costo por falta de existencias: costos por pérdidas de ventas y costos por pedido pendiente. Cada uno presupone ciertas acciones por parte del cliente, y dada su naturaleza intangible, son difíciles de medir con precisión. (Ballou, 2004, p. 339).

Ambos llevan consigo un costo por pérdida de imagen por parte de la empresa, sin embargo, en la pérdida por ventas (sin faltantes) lleva el costo adicional equivalente a la venta pérdida, mientras que en el pedido pendiente (con faltantes) los costos asociados al retraso.

2.2.3.3 Factores del Control de Inventarios

Son los factores que deben considerarse al momento de administrar un inventario ya que influyen sobre los niveles y costos de los mismos.

- **Demanda (D)**

La demanda de un producto en inventario es el número de unidades que será necesario extraer del inventario para algún uso (como venta) durante un periodo específico. (Hillier y Lieberman, 2006, p. 834)

- **Tiempo de Entrega (L)**

Es el tiempo de espera desde la colocación de una orden hasta la recepción de los bienes solicitados.

- **Punto de Reorden (R)**

Es el nivel de inventario necesario para realizar una nueva orden

- **Inventario de Seguridad (SS)**

El inventario de seguridad se define como las existencias que se manejan además de la demanda esperada. (Chase et al, 2009, p. 558)

2.2.4 MODELOS DE INVENTARIO

El propósito de la teoría de inventarios es determinar las reglas que puede usar la administración para minimizar los costos asociados con mantener el inventario y satisfacer la demanda del cliente. Los modelos de inventario responden las siguientes preguntas: (1) ¿Cuándo se debe hacer un pedido de un producto? (2) ¿Qué tan grande debe ser cada pedido?
(Winston, 2005, p. 846)

Si la demanda en periodos futuros se puede pronosticar con precisión considerable, es razonable usar una política de inventarios que suponga que los pronósticos siempre serán muy precisos. Éste es el caso de la demanda conocida, ante la cual se usa un modelo de inventarios determinístico. Sin embargo, cuando no se puede predecir con exactitud, es necesario usar un modelo de inventarios estocástico, en el cual la demanda en cualquier periodo es una variable aleatoria en lugar de una constante conocida. (Hillier y Lieberman, 2006, p. 834)

Un autor afirma que si la demanda mensual promedio (registrada a lo largo de varios años) presenta un coeficiente de variación menor al 20%, la demanda es determinística, caso contrario es probabilística. (Taha, 2012, p. 458)

De lo citado se puede decir que los modelos de inventario sirven como herramientas para la administración de inventarios ya que toman en consideración los costos y la naturaleza de la demanda.

Otra clasificación de los modelos de inventario es según el sistema de revisión, Winston (2005, p. 848) sostiene que "los modelos de inventario que permiten colocar una orden en cualquier momento, son llamados modelos de Revisión Continua. Si la cantidad de inventario disponible es revisada periódicamente y las ordenes se colocan solo periódicamente, se trata de un modelo de Revisión Periódica."

2.2.4.1 Modelos Determinísticos

Modelo EOQ clásico

Este es el modelo clásico para determinar la cantidad óptima de pedido (Economic Order Quantity). Tiene los siguientes supuestos:

- Tasa de Demanda Constante
- Tiempo de Reposición igual a cero
- Los faltantes no son permitidos
- Se realiza un pedido por ciclo
- Sistema de Revisión continua

Así mismo define las siguientes constantes: Demanda Anual (D), costo de mantener una unidad en inventario (h), costo de compra unitario (c) y costo de realizar el pedido (K) para determinar el lote económico del pedido (q).

El costo anual es la suma del costo de comprar, costo de pedir y el costo de mantener y está en función a la cantidad a pedir.

Costo de Comprar es igual a la demanda anual (D) por el precio de compra (c).

Costo de Pedir es igual a la cantidad de Pedidos anual (D/q) por el costo de realizar un pedido (K).

Y el costo de mantener es igual al inventario promedio durante el año (q/2) por el costo de mantener una unidad al año (h).

Entonces el costo total anual será:

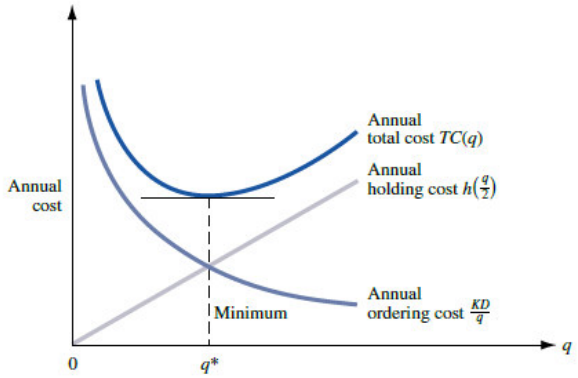
$$CT(q) = cD + K\frac{D}{q} + h\frac{q}{2}$$

Para determinar el valor óptimo se calcula la primera derivada e iguala a cero.

$$\frac{\partial CT}{\partial q} = -\frac{KD}{q^2} + \frac{h}{2} = 0$$

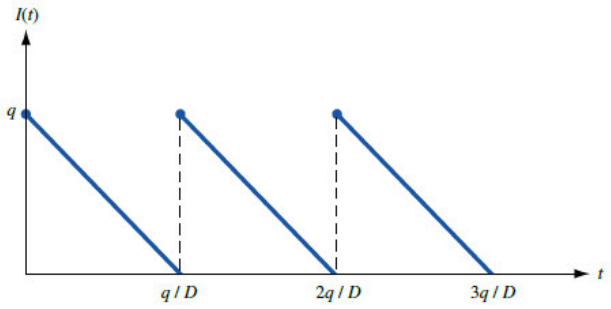
$$q^* = \sqrt{\frac{2DK}{h}}$$

Gráfico 2.5: Curva de Costo Total del Modelo EOQ.



q* es la cantidad optima a pedir en un ciclo cada vez que el inventario llegue a cero, el cual minimiza el costo total.

Gráfico 2.6: Modelo EOQ clásico.



Cuando se tiene un tiempo de reposición diferente de cero se define un nivel de inventario en el cual debe realizarse el pedido de tal manera que cuando llegue, el nivel de inventario sea cero. A este se le conoce como Punto de Reposición o Reorden (r).

Modelo EOQ con descuentos por cantidad

Este modelo reemplaza el supuesto de que el costo unitario de compra es un valor fijo, mientras mayor sea el tamaño del pedido, el costo de unitario tiende a disminuir.

Sean $b_1 \; y \; b_2$, puntos de reducción de precio de tal forma que:

Si $q < b_1$, cada artículo tendrá un costo unitario de compra c_1

Si $b_1 \leq q < b_2$, cada artículo tendrá un costo unitario de compra c_2

Si $b_2 < q$, cada artículo tendrá un costo unitario de compra c_3

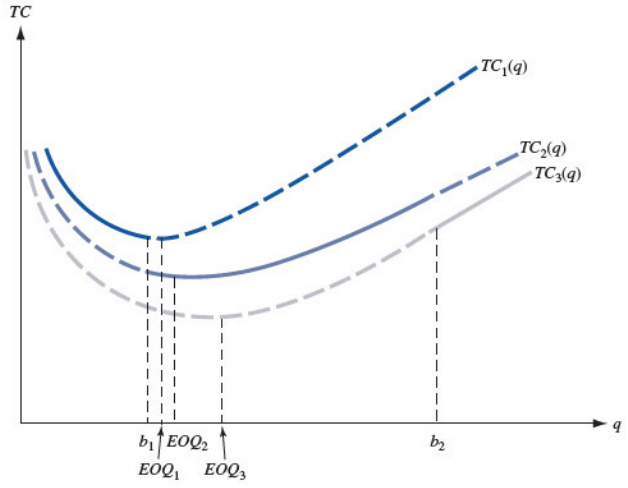
El costo unitario de mantener h es proporcional al costo unitario c, de manera que $h = Ic$, donde el factor de proporcionalidad I se conoce como tasa de costo de mantener inventario. (Hillier y Lieberman, 2006, p. 845)

Entonces reemplazando h en la siguiente ecuación se puede determinar un q_1^*, q_2^* y q_3^* como posibles soluciones.

$$q^* = \sqrt{\frac{2DK}{Ic}}$$

La cantidad de pedido q_i^* sera optima si cumple la condición de su precio c_i y es el menor de los Costos Totales

Gráfico 2.7: Modelo EOQ con descuentos por cantidad.

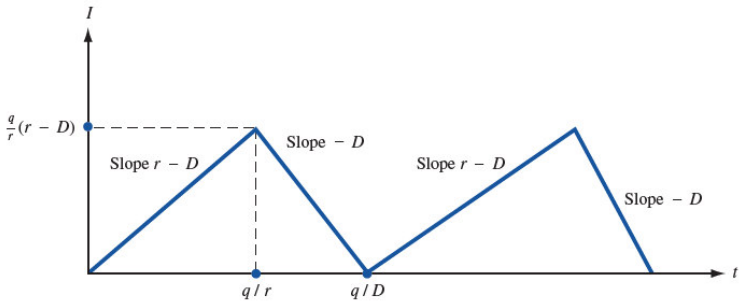


Modelo EOQ de tasa continua.

Se aplica a bienes que se producen internamente, en lugar de comprarlo a un proveedor externo, por lo que se define la variable adicional: r como tasa de producción anual.

$$q^* = \sqrt{\frac{2DK}{h}\left(\frac{r}{r+D}\right)}$$

Gráfico 2.8: Modelo EOQ con tasa de producción.



2.2.4.2 Modelos Estocásticos

Los modelos estocásticos se plantean bajo el principal supuesto de que la demanda es aleatoria o existe incertidumbre en un periodo de tiempo, así mismo a diferencia de los determinísticos, estos incluyen el concepto de Existencias de Seguridad y Nivel de Servicio.

2.2.4.2.1 Modelo $(\boldsymbol{r}, \boldsymbol{q})$

El modelo (r, q) define los parámetros: **r** como punto de reorden y **q** como la cantidad optima a pedir que minimizan la función de costo total CT (r, q).

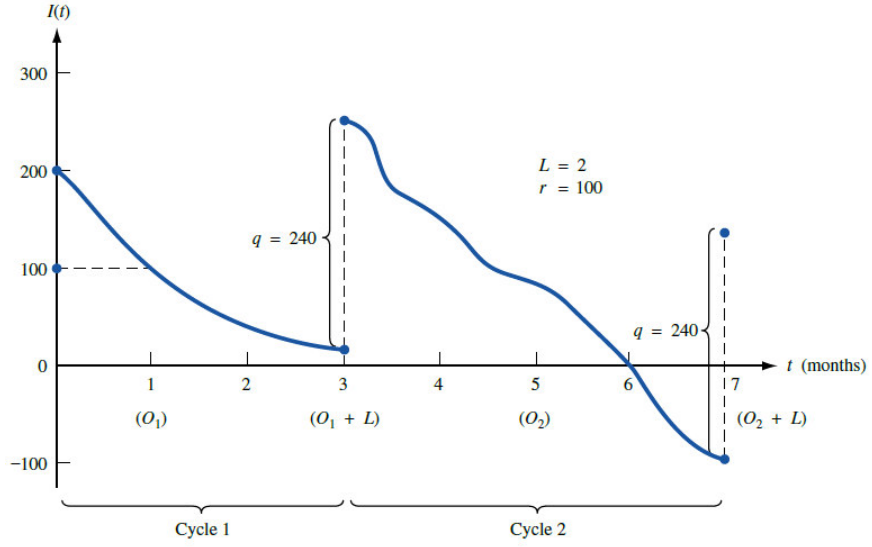
Es un modelo de revisión continua que se aplica a un solo artículo y permite un pedido por ciclo, en el cual podrían existir faltantes que se asumen como pedidos pendientes. De manera similar al modelo EOQ mantiene constantes los costos asociados a mantener inventario (h), realizar un pedido (K) y por faltantes (p).

La principal diferencia es que asigna las siguientes variables aleatorias:

- Demanda Anual $(\boldsymbol{D})$
- Faltantes por Ciclo $(\boldsymbol{S})$
- Consumo o Demanda durante el tiempo de entrega $(\boldsymbol{X})$
- Tiempo de Entrega $(\boldsymbol{L})$

De las cuales todas son variables aleatorias continuas, a excepción del Tiempo de Entrega, que es Discreta.

Gráfico 2.9: Modelo $(\boldsymbol{r}, \boldsymbol{q})$ de Inventario.



Los elementos de su función de costo total por año son los siguientes:

Costo de Preparación: Es el costo de preparación de un pedido (K) por la cantidad de pedido en un año, el cual dependerá directamente del valor esperado de la Demanda Anual $E(\boldsymbol{D})$.

$$Costo\ de\ Preparacion = K\frac{E(\boldsymbol{D})}{q}$$

Costo de Mantener: Es el costo de mantener una unidad por año (h) por el inventario medio en dicho periodo.

$$Inventario\ Medio = (Inv.Inicial + Inv\ Final)\ /2$$

$$Inventario\ Medio = [(q + r - E(\boldsymbol{X}) + (r - E(\boldsymbol{X})]\ /2$$

$$Costo\ de\ Mantener = h(\frac{q}{2} + r - E(\boldsymbol{X}))$$

Donde $E(\boldsymbol{X})$ es el valor esperado de la demanda durante el tiempo de entrega y $r - E(\boldsymbol{X})$ es el nivel de inventario justo antes de que llegue el pedido, frecuentemente llamado como Stock de Seguridad.

De acuerdo a la teoría de variables aleatorias, y teniendo en cuenta que el tiempo de entrega $\boldsymbol{L}$ es una variable aleatoria independiente de la demanda $\boldsymbol{D}$**,** se definen las siguientes ecuaciones:

$$E(\boldsymbol{X}) = E(\boldsymbol{L})E(\boldsymbol{D})$$

$$var\ (\boldsymbol{X}) = E(\boldsymbol{L})var(\boldsymbol{D}) + E(\boldsymbol{D})^2 var(\boldsymbol{L})$$

Costo de Faltantes: Es el costo de faltantes por unidad (p) por los faltantes en todo el periodo.

$$Faltantes\ por\ Año = \#\ de\ Ciclos\ x\ Faltantes\ por\ Ciclo$$

$$Faltantes\ por\ Año = \frac{E(\boldsymbol{D})}{q} E(\boldsymbol{S})$$

$$Costo\ de\ Faltantes = p\frac{E(\boldsymbol{D})}{q} E(\boldsymbol{S})$$

Donde $E(\boldsymbol{S})$ es el valor esperado de los faltantes por ciclo cuando la demanda en el tiempo de entrega es mayor al punto de reposición $X > r$, el cual dependerá de su función de densidad $f(x)$.

$$E(\boldsymbol{S}) = \int_r^{\propto} (x - r) f(x) dx$$

∴ El costo total por año es (Taha, 2012, p. 557):

$$CT(r,q) = K\frac{E(\boldsymbol{D})}{q} + h\left(\frac{q}{2} + r - E(\boldsymbol{X})\right) + p\frac{E(\boldsymbol{D})}{q}\int_r^{\propto}(x-r)f(x)dx$$

Hay que tener en cuenta que para esta ecuación de costo total no se está considerando el costo de compra

Para encontrar los valores óptimos de r* y q*, se determina las derivadas parciales e iguala a 0.

$$\frac{\partial CT}{\partial q} = -K\frac{E(\boldsymbol{D})}{q^2} + \frac{h}{2} - p\frac{E(\boldsymbol{D})}{q^2}E(\boldsymbol{S}) = 0$$

$$\frac{\partial CT}{\partial r} = h - p\frac{E(\boldsymbol{D})}{q}\int_r^{\propto} f(x)dx = 0$$

Finalmente los valores de r* y q* satisfacen las siguientes ecuaciones.

$$q^* = \sqrt{\frac{2E(\boldsymbol{D})(K + pE(\boldsymbol{S}))}{h}}$$

$$\int_r^{\propto} f(x)dx = \frac{hq^*}{pE(\boldsymbol{D})}$$

Donde $\int_r^{\propto} f(x)dx$ se puede definir tambien como $P(X \geq r) = 1 - F(r)$, la probabilidad que ocurra un faltante entre la colocacion de la orden y la recepcion del pedido. Hillier y Lieberman (2006, p. 872) sostienen que esta probabilidad es la mas conveniente para definir el Nivel de Servicio de una politica de inventario.

2.2.4.2.2 Modelo $(\boldsymbol{r},\boldsymbol{q})$ con Ventas Perdidas

Es una variante del modelo anterior, con la diferencia que ahora p representa el costo por ventas perdidas. El valor de q* no tiene variaciones respecto a su cálculo, mientras que r* se halla a partir de la siguiente ecuación.

Winston (2004, p. 895):

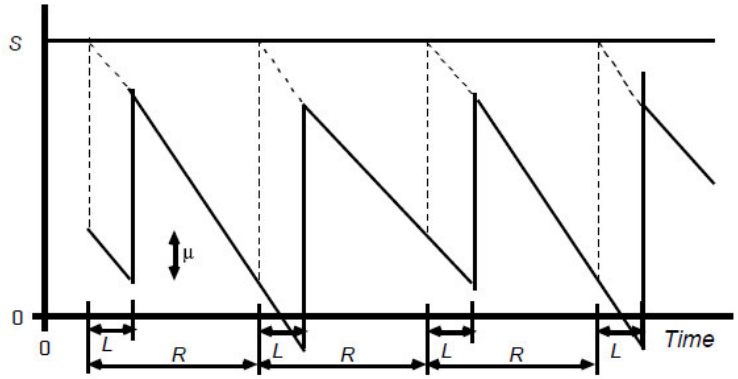
$$\int_{r}^{\propto} f(x)dx = \frac{hq^{*}}{hq^{*} + pE(\boldsymbol{D})}$$

Nótese que a diferencia del modelo con pedidos pendientes, la probabilidad de que ocurra un desabastecimiento $P(X \geq r)$ es menor debido a que el inventario a fin de ciclo tambien incluye la cantidad que no se consumió o vendió en dicho ciclo.

2.2.4.2.3 Modelo $(\boldsymbol{R},\boldsymbol{S})$

Es un Modelo de revisión periódica que puede considerar más de un pedido por ciclo, en el cual se define los parámetros **R** como tiempo entre revisiones (en años), y **S** como la máxima posición del inventario.

Gráfico 2.10: Modelo $(\boldsymbol{R},\boldsymbol{S})$ de Inventario.



La posición del inventario es la suma del nivel de inventario más las ordenes futuras que aún no ingresan en un periodo fijo igual al tiempo de entrega más el tiempo entre revisión (L+R). Si cuando se realiza la revisión la posición del inventario está por debajo de *S,* se debe realizar un pedido por una cantidad equivalente a la diferencia.

Utiliza los mismos costos por mantener inventario (h), realizar un pedido (K), por faltantes (p) y adiciona un costo por Revisión (J). Así mismo define las variables aleatorias: Demanda anual ($\boldsymbol{D}$) y demanda hasta el ingreso del pedido de la siguiente revisión ($\boldsymbol{X}$) o ($\boldsymbol{D_{L+R}}$).

El costo anual por realizar un pedido es igual a las cantidades de pedidos o ciclos en 1 año (1/R) por los costos fijos de realizar y revisar.

$$Costo\ de\ Pedir = K\frac{1}{R} \qquad\qquad Costo\ de\ Revisar = J\frac{1}{R}$$

El costo anual de mantener inventario y el costo por pedidos pendientes son:

$$Costo\ de\ Mantener = h(S - E(\boldsymbol{X}) + \frac{E(\boldsymbol{D})R}{2})$$

$$Costo\ de\ Escasez = p\frac{1}{R}E(S)$$

$$E(S) = \int_{s}^{\propto}(x - S)f(x)dx$$

Donde $S - E(\boldsymbol{X})$ es el Stock de Seguridad y $f(x)$ es la función de probabilidad de la demanda hasta el ingreso de la siguiente revisión $(\boldsymbol{X})$

Finalmente, la ecuación de costo promedio anual total es:

$$CT(R,S) = (K+J)\frac{1}{R} + h\left(S - E(\boldsymbol{X}) + \frac{E(\boldsymbol{D})R}{2}\right) + p\frac{1}{R}\int_{s}^{\propto}(x-S)f(x)dx$$

La posición de inventario optima S*, se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$P(X \geq S) \quad \text{ó} \quad P(D_{L+R} \geq S) \;\; = \;\; \int_{s}^{\propto} f(x)dx = \frac{Rh}{p}$$

Y el tiempo entre revisión optimo R*, se determina a partir de un valor óptimo de q* entre el valor esperado de la demanda $E(\boldsymbol{D})$.

$$R^* = \frac{q^*}{E(\boldsymbol{D})}$$

Para el q* se puede utilizar la ecuación del modelo (r,q) considerando el costo de revisar J.

$$q^* = \sqrt{\frac{2E(\boldsymbol{D})(K+J+pE(\boldsymbol{S}))}{h}}$$

2.2.4.2.4 Algoritmo de Solución

Para hallar la solución de los modelos Estocásticos mencionados, Taha (2012, p.557) propone el algoritmo iterativo desarrollado por Hadley y Whitin (1963). A continuación, se describe los pasos.

Paso 1.- Calcular Tamaño de Pedido "$\boldsymbol{q_1}$"

Para calcular el tamaño de pedido inicial se asume: $E(S)_1 = 0$, con lo cual la ecuación de tamaño de pedido se simplificaría hasta la ecuación del modelo determinístico EOQ.

$$q^* = \sqrt{\frac{2E(\boldsymbol{D})(K + pE(\boldsymbol{S}))}{h}} = \sqrt{\frac{2E(\boldsymbol{D})K}{h}}$$

Paso 2.- Calcular el Punto de Reorden "$\boldsymbol{r_1}$"

Para calcular el punto de reorden es necesario conocer la función de densidad de la demanda durante el tiempo de entrega $\boldsymbol{X}$, sin embargo, si se demuestra que se ajusta a una distribución normal, esta función de densidad ya es conocida, con lo cual se puede calcular el punto de reorden utilizando una tabla de Distribución Normal Z.

$$P(X \geq r) = \int_r^{\propto} f(x)dx = \frac{hq^*}{pE(\boldsymbol{D})}$$

$$z = \frac{r - E(X)}{\sigma_x}$$

Paso 3.- Calcular la cantidad de Faltantes por Ciclo $\boldsymbol{E(S)_2}$.

Luego de determinar los valores de q y r se puede hallar la cantidad de faltantes. En caso de demostrarse que la demanda durante el tiempo de entrega sigue una distribución normal, el número de faltantes se calcula con la siguiente formula en Excel: (Izar et al, 2016, p. 504)

$$E(\boldsymbol{S}) = \sigma\ DISTR.NORM.N(Z, 0{,}1{,}0) + (E(\boldsymbol{X}) - r)(1 - DISTR.NORM.N(Z, 0{,}1{,}1))$$

Paso 4.- Calcular nuevamente los valores de "q" y "r"

Se vuelve a calcular q y r esta vez utilizando el $\boldsymbol{E(S)}$ y se analiza la diferencia respecto a sus primeros valores, en caso de ser una diferencia mínima (<5%), se detiene las iteraciones, caso contrario volver al Paso 3 y calcular nuevamente un $\boldsymbol{E(S)}$.

En el caso del Modelo (R, S), a partir del valor de "q" hallado en cada iteración se determina un nuevo valor de R, seguidamente la probabilidad de rotura y utilizando una tabla de distribución normal se calcula el valor de posición de inventario S.

$$R^* = \frac{q^*}{E(\boldsymbol{D})}$$

$$P(\boldsymbol{X} \geq S) \quad \text{ó} \quad P(\boldsymbol{D_{L+R}} \geq S) \ = \ \int_s^{\propto} f(x)dx = \frac{Rh}{p}$$

$$z = \frac{S - E(X)}{\sigma_x}$$

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

3.1 SELECCION DE MATERIALES E INSUMOS.

Para definir que materiales e insumos influyen más en los niveles de inventario se analizara la demanda real de todas las presentaciones del Sillao durante el periodo Abril 2015 a Marzo 2016, por ser el más reciente.

Tabla 3.1: Demanda Anual de Sillao en Litros

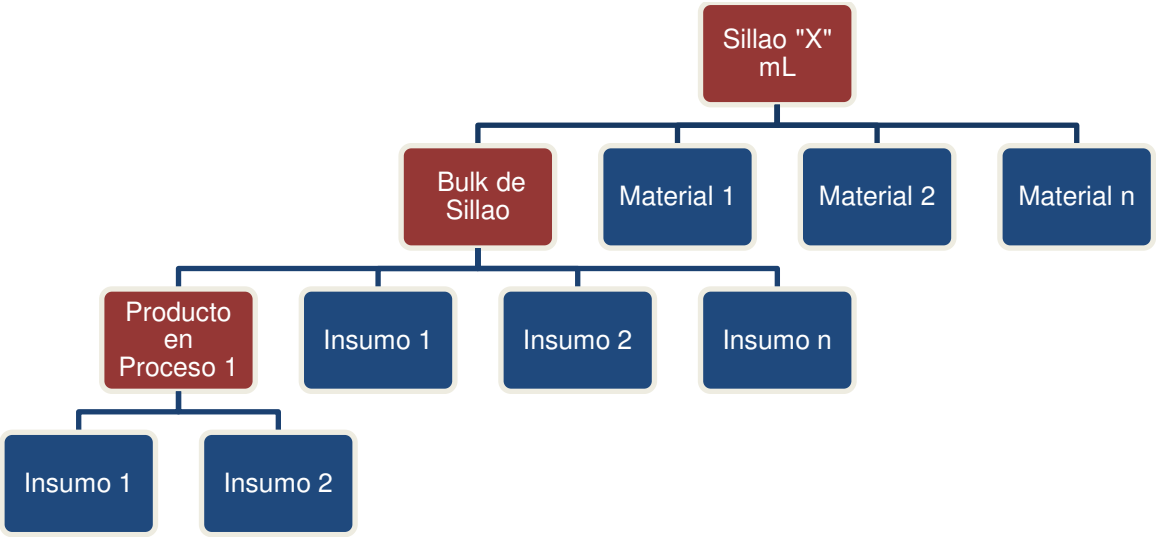
	30 mL	150 mL	280 mL	500 mL	1 L	5 L	Total
Abr	1,980.00	62,177.55	19,183.36	68,448.00	17,111.00	27,910.00	196,809.91
May	676.80	65,666.70	16,449.44	75,927.00	27,944.00	25,440.00	212,103.94
Jun	2,808.00	83,684.85	18,456.20	89,266.00	35,744.00	29,895.00	259,854.05
Jul	2,982.60	65,187.60	17,411.80	85,755.50	34,726.00	33,940.00	240,003.50
Ago	3,848.40	66,313.95	18,296.60	77,118.50	29,344.00	40,955.00	235,876.45
Sep	1,911.60	71,721.00	17,819.20	82,579.00	39,385.00	38,965.00	252,380.80
Oct	2,923.20	75,299.10	19,069.12	82,959.50	22,239.00	27,300.00	229,789.92
Nov	5,299.20	83,699.55	19,799.36	92,569.00	30,033.00	30,710.00	262,110.11
Dic	975.60	70,824.30	23,139.76	106,603.00	26,993.00	28,540.00	257,075.66
Ene	6,030.00	69,284.25	18,049.36	88,373.00	39,554.00	26,960.00	248,250.61
Feb	496.80	63,906.60	17,094.28	72,500.50	25,621.00	24,970.00	204,589.18
Mar	608.40	70,604.40	18,875.08	81,999.00	29,018.00	29,285.00	230,389.88
Total	**30,540.60**	**848,369.85**	**223,643.56**	**1,004,098.00**	**357,712.00**	**364,870.00**	**2,829,234.01**

Fuente: Registro de Balance Producción Ventas 2015-16.

Seguidamente a partir de la Lista de Materiales de cada presentación, la cual muestra la cantidad requerida de Bulk y materiales de empaque para envasar un producto, se halla la demanda anual para todos los materiales involucrados en el periodo 2015-16. En este cálculo no se está considerando los materiales de la presentación de 30mL, ya que es una presentación que se ha dejado de vender en la actualidad y solo representa 1.08% de las ventas totales.

Para calcular la demanda de los insumos se hace uso de las listas de materiales del Bulk y otros productos en proceso que interfieren en la elaboración de este.

Gráfico 3.1: Lista de Materiales del Sillao.



Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico se puede observar que existen diferentes niveles en la lista de materiales de cada presentación y para hallar la demanda anual de los insumos será necesario calcular el total de la demanda del Bulk de Sillao sumando todas las presentaciones, pues todas se envasan con el mismo Bulk.

Adicionalmente a la demanda dependiente de las ventas, existen otros consumos internos compartidos por parte de los otros centros de producción, estos insumos involucrados son el ácido clorhídrico, la torta de soya y el azúcar rubia, los cuales tienen una demanda anual constante (C.V. < 5%). Por lo que se puede adicionar a la demanda anual ya calculada.

Tabla 3.2: Demanda Anual de Insumos y Materiales.

Código	Descripción	Demanda Anual	Otros Consumos	Unidad
1000024	ACIDO CLORHIDRICO	97,411	19,545	KG
1000028	TORTA DE SOYA	200,308	20,232	KG
1000027	SAL YODADA	475,186		KG
1000007	CARBON ACTIVADO	687		KG
1000017	SODA CAUSTICA	36		T
1000026	CULTIVO DE MICROORGANISMOS	143,081		G
1000095	TRIGO	85,849		KG
1000005	AZUCAR RUBIA	212,589	81,738	KG
1000025	BENZOATO DE SODIO	2,263		KG
1000103	COLOR CARAMELO CCL-058	23,907		KG
1000104	COLOR CARAMELO CDL-004	85,386		KG
1000106	I+G	1,019		KG
1000014	AYUDA PARA FILTRACION	566		KG
8000032	GMS SACO	17,768		KG
2000032	BOTELLA 150ML	5,757,038		UN
2000239	BOTELLA 280ML	801,315		UN
2000240	BOTELLA 500ML	2,019,241		UN
2000026	BOTELLA 1L PET	362,720		UN
2000049	BIDON PET 5L	74,069		UN
2000494	TAPA BISAGRA 150ML	5,560,216		UN
2000243	TAPA BISAGRA 280ML 500ML	2,892,454		UN
2000027	TAPA ROSCA 1L	359,858		UN
2000029	TAPA PARA BIDON 5L	74,433		UN
2000050	ASA PARA BIDON 5L	73,339		UN
2000217	CAJA 150ML	59,386		UN
2000251	CAJA 280ML	16,773		UN
2000223	CAJA 500ML	84,344		UN
2000218	CAJA 1L	30,048		UN
2000219	CAJA 5LT	18,244		UN
2000520	ETIQUETA 150ML	5,649		MLL
2000521	ETIQUETA 280ML	799		MLL
2000524	ETIQUETA 500ML	2,010		MLL
2000523	ETIQUETA 1L	358		MLL
2000522	ETIQUETA 5L	74		MLL
2000051	PRECINTO TERMOENCOGIBLE 150ML	5,430		KG
2000242	PRECINTO TERMOENCOGIBLE 280ML	1,203		KG
2000241	PRECINTO TERMOENCOGIBLE 500ML	3,354		KG

Por facilidad en la visualización de información, se muestran solo valores enteros, sin embargo, en los cálculos se consideraron todos los decimales. Luego de haber calculado la demanda total para cada insumo y material se procede a valorizarlo, para ello se multiplica por el precio por unidad.

Tabla 3.3: Valorizado Anual de Insumos y Materiales por Demanda.

Descripción	Demanda Total	Precio por Unidad	Valorizado
ACIDO CLORHIDRICO	116,956	S/. 1.19	S/. 139,177.18
TORTA DE SOYA	220,541	S/. 1.58	S/. 347,366.91
SAL YODADA	475,186	S/. 0.53	S/. 252,751.65
CARBON ACTIVADO	687	S/. 6.36	S/. 4,370.54
SODA CAUSTICA	36	S/. 1,424.45	S/. 51,684.26
CULTIVO DE MICROORGANISMOS	143,081	S/. 0.37	S/. 53,439.49
TRIGO	85,849	S/. 1.06	S/. 90,828.10
AZUCAR RUBIA	294,327	S/. 2.02	S/. 594,540.13
BENZOATO DE SODIO	2,263	S/. 8.91	S/. 20,173.60
COLOR CARAMELO CCL-058	23,907	S/. 3.30	S/. 78,969.70
COLOR CARAMELO CDL-004	85,386	S/. 3.02	S/. 257,866.60
I+G	1,019	S/. 32.65	S/. 33,254.68
AYUDA PARA FILTRACION	566	S/. 2.86	S/. 1,618.33
GMS SACO	17,768	S/. 3.79	S/. 67,374.70
BOTELLA 150ML	5,757,038	S/. 0.19	S/. 1,093,837.24
BOTELLA 280ML	801,315	S/. 0.29	S/. 230,778.69
BOTELLA 500ML	2,019,241	S/. 0.29	S/. 581,541.46
BOTELLA 1L PET	362,720	S/. 0.59	S/. 215,092.95
BIDON PET 5L	74,069	S/. 1.27	S/. 94,067.13
TAPA BISAGRA 150ML	5,560,216	S/. 0.06	S/. 340,285.24
TAPA BISAGRA 500ML	2,892,454	S/. 0.07	S/. 202,471.81
TAPA ROSCA 1L	359,858	S/. 0.05	S/. 18,352.77
TAPA PARA BIDON 5L	74,433	S/. 0.12	S/. 9,155.32
ASA PARA BIDON 5L	73,339	S/. 0.14	S/. 10,267.44
CAJA 150ML	59,386	S/. 1.41	S/. 83,734.10
CAJA 280ML	16,773	S/. 1.64	S/. 27,508.16
CAJA 500ML	84,344	S/. 1.23	S/. 103,743.42
CAJA 1L	30,048	S/. 1.08	S/. 32,451.63
CAJA 5LT	18,244	S/. 2.12	S/. 38,676.22
ETIQUETA 150ML	5,649	S/. 8.47	S/. 47,866.48

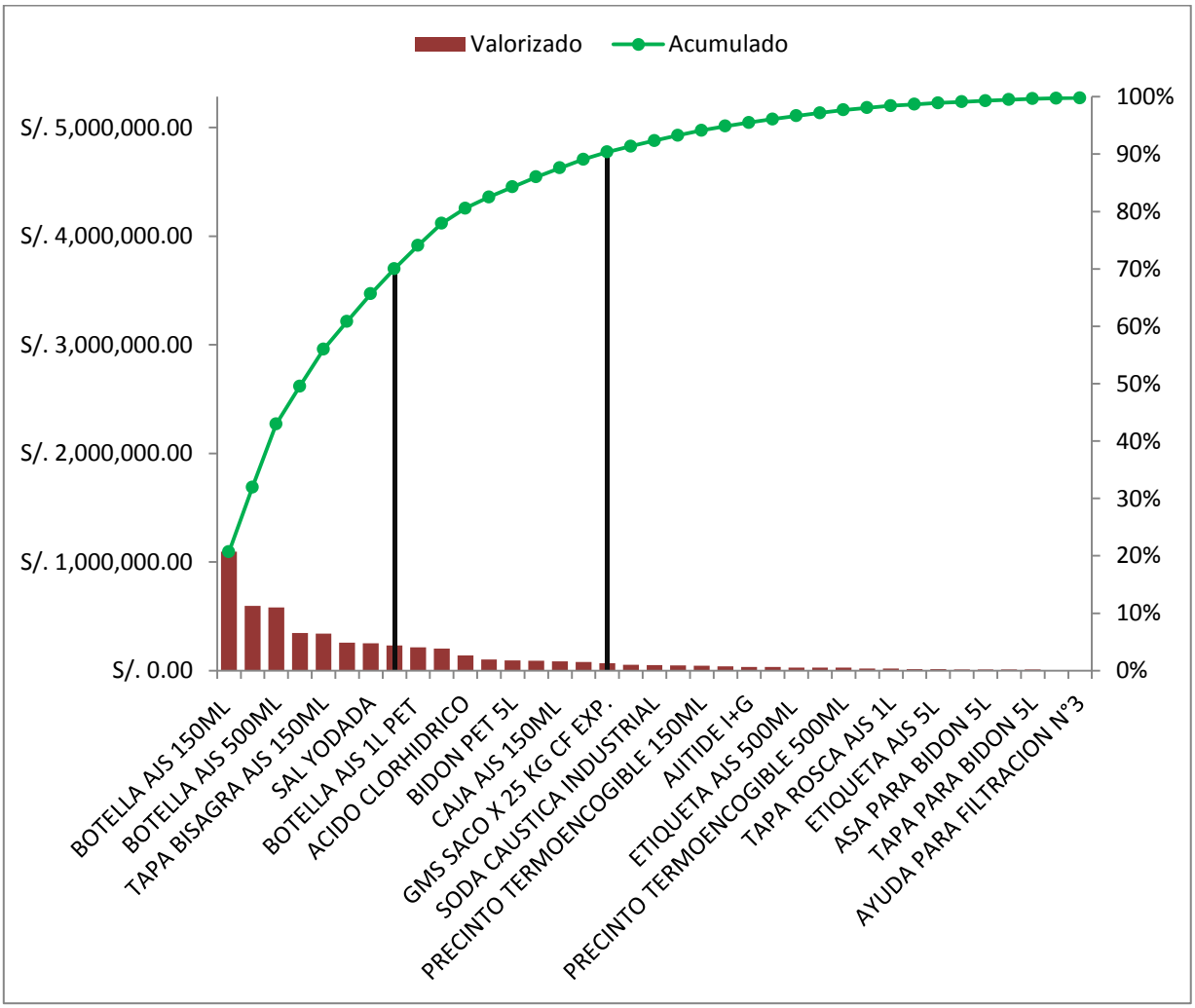
ETIQUETA 280ML	799	S/. 17.06	S/. 13,624.65
ETIQUETA 500ML	2,010	S/. 14.39	S/. 28,932.87
ETIQUETA 1L	358	S/. 29.67	S/. 10,623.57
ETIQUETA 5L	74	S/. 166.35	S/. 12,321.31
PRECINTO TERMOENCOGIBLE 150ML	5,430	S/. 8.41	S/. 45,662.68
PRECINTO TERMOENCOGIBLE 280ML	1,203	S/. 8.13	S/. 9,782.02
PRECINTO TERMOENCOGIBLE 500ML	3,354	S/. 8.13	S/. 27,265.50
Total			S/. 5,271,458.53

Los precios mostrados en la Tabla 3.3, son extraídos del sistema de información (SAP), los cuales son calculados por el método ponderado. También se puede visualizar que para el periodo 2015-16 se utilizó insumos y materiales por un valorizado aproximado a S/ 5 millones.

Una vez que se tiene el valorizado de cada insumo y material lo que se hace es clasificarlo de mayor a menor, hacer una suma acumulada por cada uno y hallar cuanto representa respecto al total. Esta herramienta es conocida como Diagrama de Pareto y sirve para identificar las causas más representativas.

Utilizando dicha herramienta se hace una clasificación ABC, donde la región A representara el 70%, la región B el 20% y la región C el 10%, de esta forma lo que se busca es aplicar un Modelo de inventarios a aquellos insumos o materiales que representan el 70% del valorizado de la demanda anual.

Gráfico 3.2: Clasificación ABC de Insumos y Materiales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfico 3.2 de puede identificar que 8 ítems representan el 70% del valorizado total de la demanda anual de insumos y materiales durante el periodo 2015-16.

Tabla 3.4: Insumos y Materiales Representativos

MATERIALES	INSUMOS
BOTELLA 150ML	AZUCAR RUBIA
BOTELLA 280ML	TORTA DE SOYA
BOTELLA 500ML	SAL YODADA
TAPA BISAGRA 150ML	COLOR CARAMELO

3.2 ANALISIS DE LA DEMANDA

Una vez seleccionado los insumos y materiales, se analizará la demanda para cada uno de ellos. Tal como se había explicado la demanda de insumos depende directamente del Bulk de Sillao, la cual es la suma de la demanda de todas las presentaciones. Mientras que la de los materiales de empaque dependen directamente de su presentación. A continuación, se muestra la demanda de los ítems seleccionados desde el periodo 2011-2012 hasta el periodo 2016-2017

Tabla 3.5: Demanda de Sillao Bulk en Litros

Mes\FY	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Abr	117,449.10	154,733.15	186,642.80	215,353.48	196,809.91	218,359.73
May	134,941.20	161,990.10	184,372.70	204,027.70	212,103.94	229,810.68
Jun	128,563.50	135,406.10	180,045.95	223,549.93	259,854.05	295,369.72
Jul	151,178.35	185,692.95	182,702.55	146,850.56	240,003.50	291,388.37
Ago	144,918.65	152,647.90	184,027.90	233,138.67	235,876.45	344,231.44
Sep	160,218.85	169,527.55	172,172.20	211,700.19	252,380.80	283,179.68
Oct	184,022.50	163,496.60	172,996.80	246,756.96	229,789.92	288,770.57
Nov	208,651.70	159,421.35	194,359.05	252,661.65	262,110.11	310,978.11
Dic	157,308.00	233,356.25	218,342.15	263,436.93	257,075.66	321,792.90
Ene	121,926.65	169,193.50	193,208.90	201,898.85	248,250.61	284,633.33
Feb	134,994.10	133,458.50	166,710.07	213,193.27	204,589.18	244,655.96
Mar	144,813.35	184,245.40	176,017.99	215,161.69	230,389.88	271,247.93
Total	1,788,985.95	2,003,169.35	2,211,599.06	2,627,729.88	2,829,234.01	3,384,418.42

Fuente: Registros de Balance Producción Ventas

Tabla 3.6: Demanda de Sillao 150 ml en Litros.

Mes\FY	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Abr	42,154.20	47,043.75	51,976.80	58,399.20	62,177.55	71,178.75
May	49,486.50	50,769.90	57,963.60	62,851.50	65,666.70	72,051.00
Jun	46,270.80	51,603.45	59,246.10	78,793.05	83,684.85	94,875.90
Jul	42,354.00	47,956.65	52,634.70	40,115.70	65,187.60	75,706.05
Ago	49,757.40	55,417.20	56,493.90	64,869.45	66,313.95	97,869.60
Sep	58,750.20	49,005.00	52,831.80	64,039.05	71,721.00	79,221.20

Oct	54,729.45	54,234.00	58,045.50	71,305.20	75,299.10	86,975.33
Nov	73,703.40	61,291.95	54,974.70	78,594.15	83,699.55	99,151.63
Dic	40,693.65	62,049.60	44,730.00	66,886.35	70,824.30	95,053.64
Ene	42,847.20	55,748.70	54,153.00	66,821.85	69,284.25	82,086.09
Feb	42,705.90	40,633.20	48,042.90	57,882.75	63,906.60	75,002.16
Mar	44,412.30	51,218.10	50,657.40	64,564.35	70,604.40	80,036.66
Total	587,865.00	626,971.50	641,750.40	775,122.60	848,369.85	1,009,208.01

Fuente: Registros de Balance Producción Ventas

Tabla 3.7: Demanda de Sillao 280 ml en Litros.

Mes\FY	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Abr	42,154.20	47,043.75	51,976.80	58,399.20	62,177.55	71,178.75
May	49,486.50	50,769.90	57,963.60	62,851.50	65,666.70	72,051.00
Jun	46,270.80	51,603.45	59,246.10	78,793.05	83,684.85	94,875.90
Jul	42,354.00	47,956.65	52,634.70	40,115.70	65,187.60	75,706.05
Ago	49,757.40	55,417.20	56,493.90	64,869.45	66,313.95	97,869.60
Sep	58,750.20	49,005.00	52,831.80	64,039.05	71,721.00	79,221.20
Oct	54,729.45	54,234.00	58,045.50	71,305.20	75,299.10	86,975.33
Nov	73,703.40	61,291.95	54,974.70	78,594.15	83,699.55	99,151.63
Dic	40,693.65	62,049.60	44,730.00	66,886.35	70,824.30	95,053.64
Ene	42,847.20	55,748.70	54,153.00	66,821.85	69,284.25	82,086.09
Feb	42,705.90	40,633.20	48,042.90	57,882.75	63,906.60	75,002.16
Mar	44,412.30	51,218.10	50,657.40	64,564.35	70,604.40	80,036.66
Total	587,865.00	626,971.50	641,750.40	775,122.60	848,369.85	1,009,208.01

Fuente: Registros de Balance Producción Ventas

Tabla 3.8: Demanda de Sillao 500 ml en Litros.

Mes\FY	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Abr	41,711.50	53,587.00	61,990.50	75,309.00	68,448.00	71,715.50
May	47,657.00	54,522.00	57,982.50	65,679.00	75,927.00	78,746.00
Jun	43,768.00	48,030.00	58,884.00	79,854.00	89,266.00	93,022.50
Jul	60,630.50	61,905.00	69,007.50	54,280.50	85,755.50	95,731.00
Ago	47,785.50	51,384.00	65,230.50	74,182.50	77,118.50	105,678.00
Sep	49,293.00	60,780.00	58,441.50	68,104.50	82,579.00	96,605.63
Oct	60,615.00	54,270.00	61,465.50	83,173.00	82,959.50	91,408.15
Nov	67,441.00	61,041.00	77,131.50	94,350.50	92,569.00	101,271.59
Dic	66,486.00	86,806.50	67,087.50	98,936.50	106,603.00	111,214.97
Ene	44,514.00	68,310.00	59,349.00	65,698.00	88,373.00	83,545.44

Feb	57,112.50	51,537.00	54,190.50	74,809.00	72,500.50	80,534.49
Mar	52,110.00	58,590.00	55,705.50	76,374.50	81,999.00	95,866.68
Total	639,124.00	710,762.50	746,466.00	910,751.00	1,004,098.00	1,105,339.95

Fuente: Registros de Balance Producción Ventas

Los datos presentados son la demanda real en dichos periodos, aunque para el periodo actual 2016-2017 la demanda real solo se visualiza hasta el mes de Setiembre, de Octubre a Marzo son los pronósticos del Área de Ventas y Marketing.

Si se analiza el coeficiente de variación para cada demanda durante los distintos periodos, se puede observar que 3 de ellos superan el 20% y el de 280ml tiene un valor cercano a este. (Ver Tabla 3.9)

Tabla 3.9: Coeficiente de variación de la Demanda por Períodos

Demanda Anual	Media (μ)	Desviación (σ)	C.V (σ/μ)
Sillao Bulk	2,474,189.44	589,655.08	23.8%
Sillao 150 ml	748,214.56	161,628.70	21.6%
Sillao 280 ml	223,833.41	39,692.20	17.7%
Sillao 500 ml	852,756.91	182,846.83	21.4%

Por lo que se puede concluir que la demanda para distintos periodos no es determinística (constante). Esto se debe a que año tras año las ventas se han incrementado como parte del crecimiento de la empresa, por ello si se quiere aplicar un modelo de inventarios lo recomendable es aplicarlo en un periodo cerrado igual a un año.

Si se hace el análisis del coeficiente de variación solo considerando los meses del último periodo 2016-2017. Se puede ver que esta vez la variabilidad ha disminuido hasta un 12 o 13%.

Tabla 3.10: Coeficiente de variación de la Demanda Mensual el 2016-17.

Demanda Mensual	Media (μ)	Desviación (σ)	C.V (σ/μ)
Sillao Bulk	282,034.87	36,805.38	13.0%
Sillao 150 ml	84,100.67	10,314.41	12.3%
Sillao 280 ml	24,291.08	3,364.37	13.9%
Sillao 500 ml	92,111.66	11,613.71	12.6%

A partir de los datos mostrados en la tabla 3.10, se puede elegir un Modelo de Inventario Determinístico ya que el C.V es menor al 20%, e iría acorde a lo mencionado por los autores en el capítulo anterior.

Sin embargo, se desea ser más riguroso en cuanto a la selección del C.V, pues cuando se calculó la demanda de los insumos compartidos se halló valores cercanos a 5%. Por ello se elige considerar la demanda como una variable aleatoria y no una constante de tal forma tomar en cuenta las pequeñas variaciones que pudiera tener en un periodo anual.

Gráficamente se puede tener una mejor interpretación del comportamiento de la demanda tanto por distintos periodos como en el periodo actual 2016-17

Gráfico 3.3: Demanda de Sillao Bulk por Periodo en Litros.

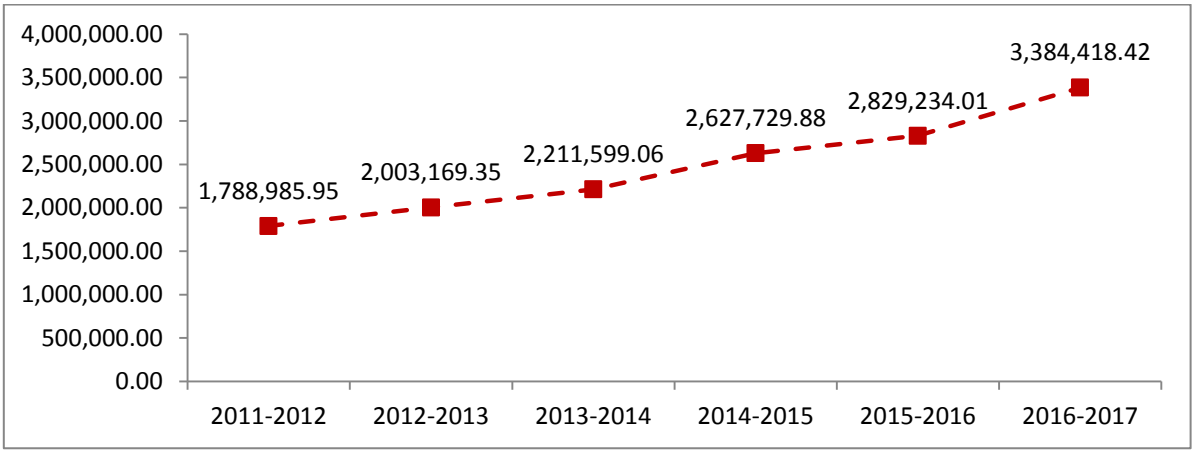


Gráfico 3.4: Demanda de Sillao Bulk por Mes en Litros.

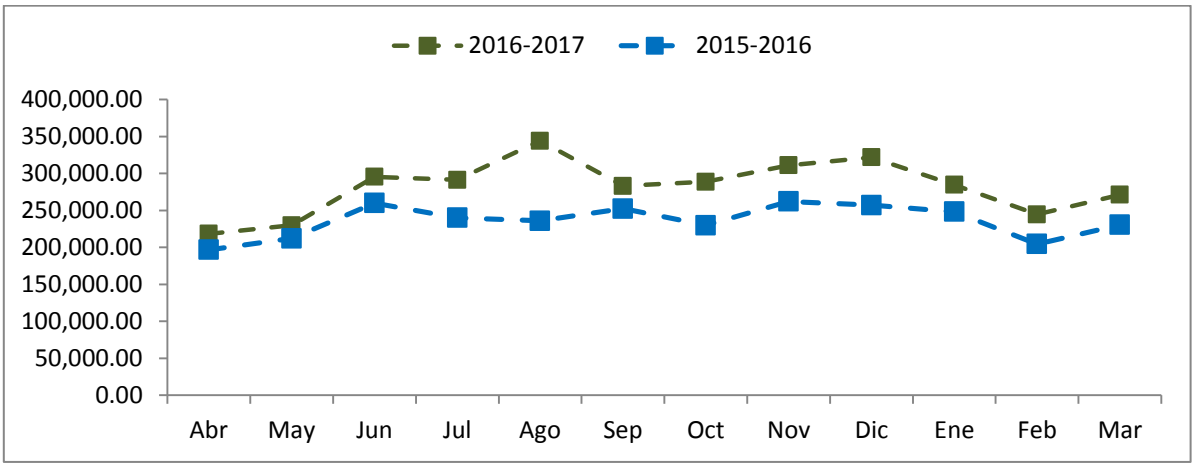


Gráfico 3.5: Demanda de Sillao 150 ml por Periodo en Litros.

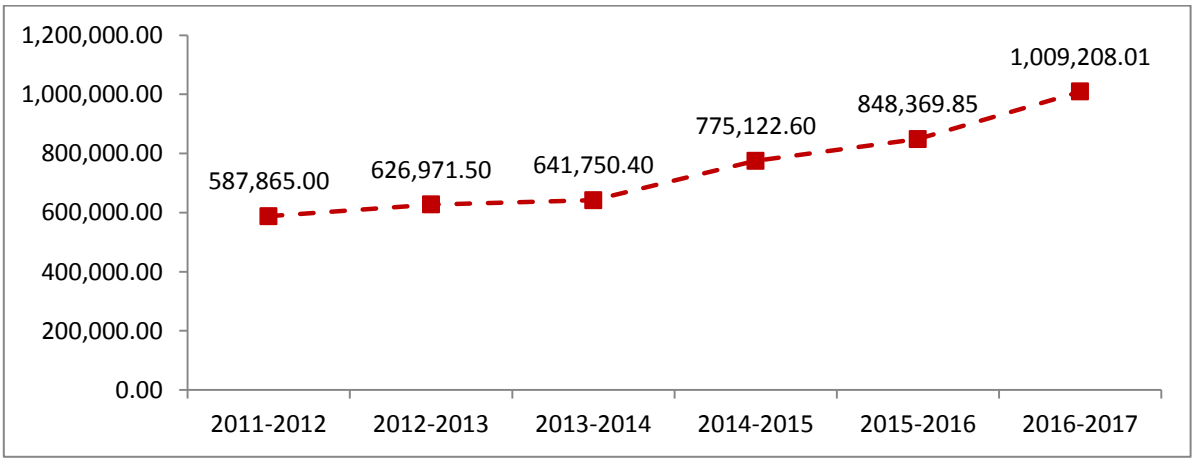


Gráfico 3.6: Demanda de Sillao 150 ml por Mes en Litros.

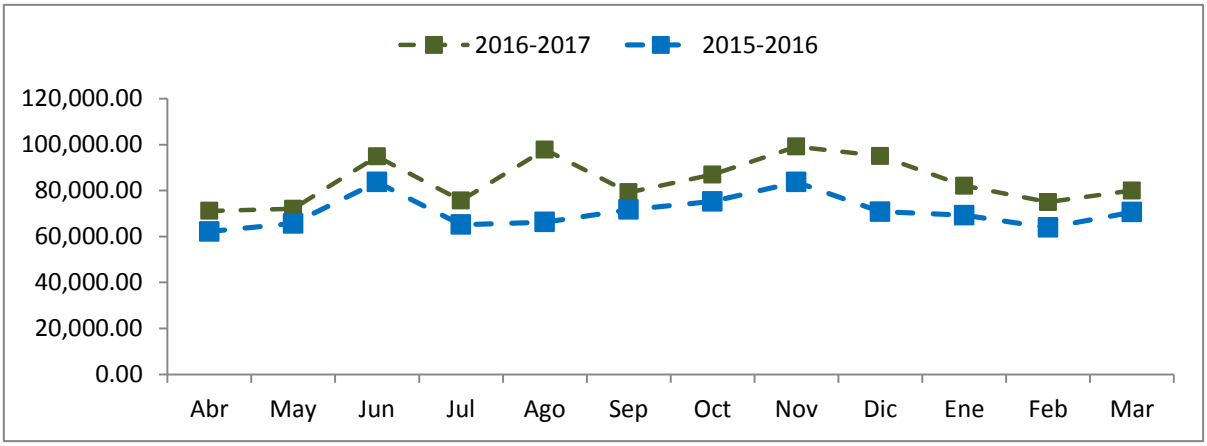


Gráfico 3.7: Demanda de Sillao 280 ml por Periodo en Litros.

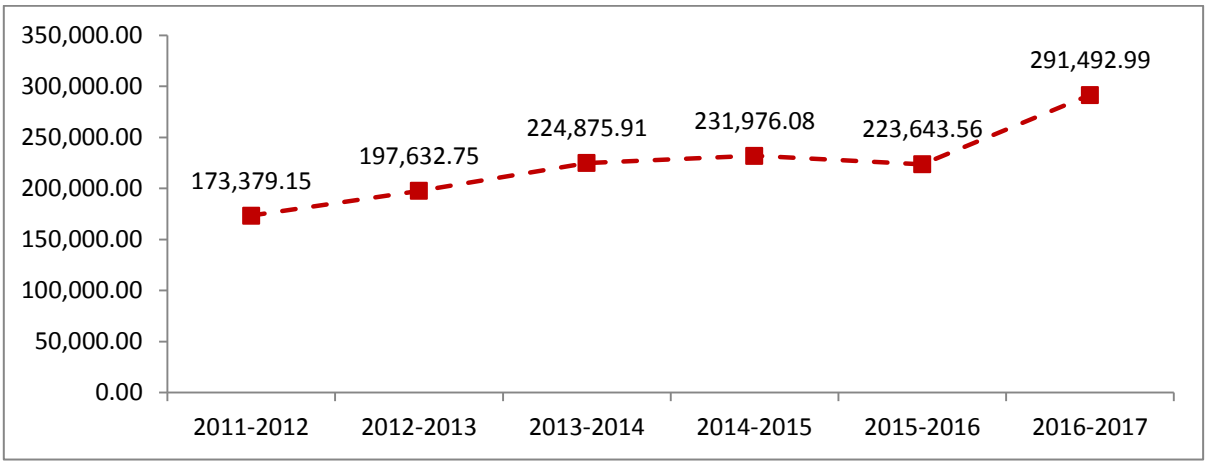


Gráfico 3.8: Demanda de Sillao 280 ml por Mes en Litros.

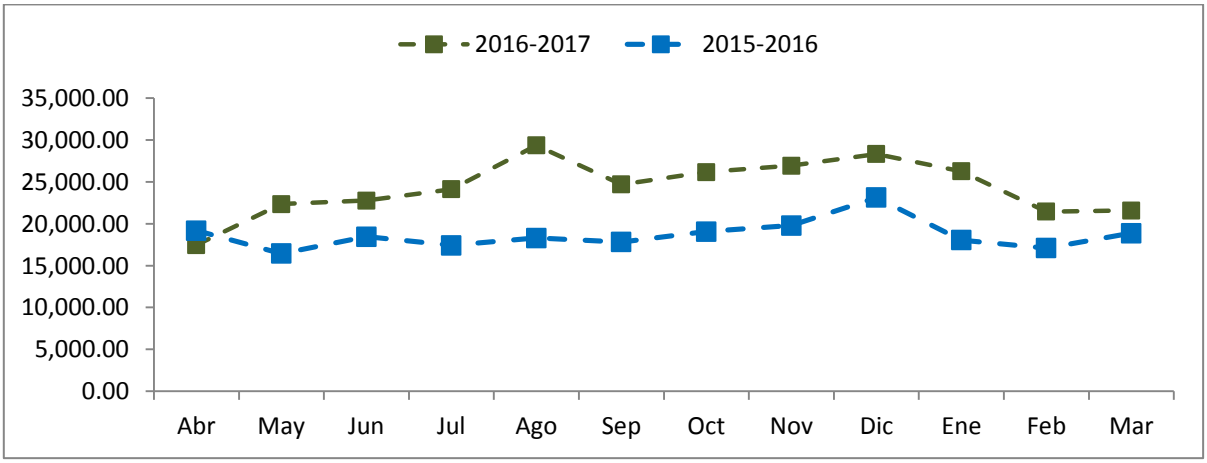


Gráfico 3.9: Demanda de Sillao 500 ml por Periodo en Litros.

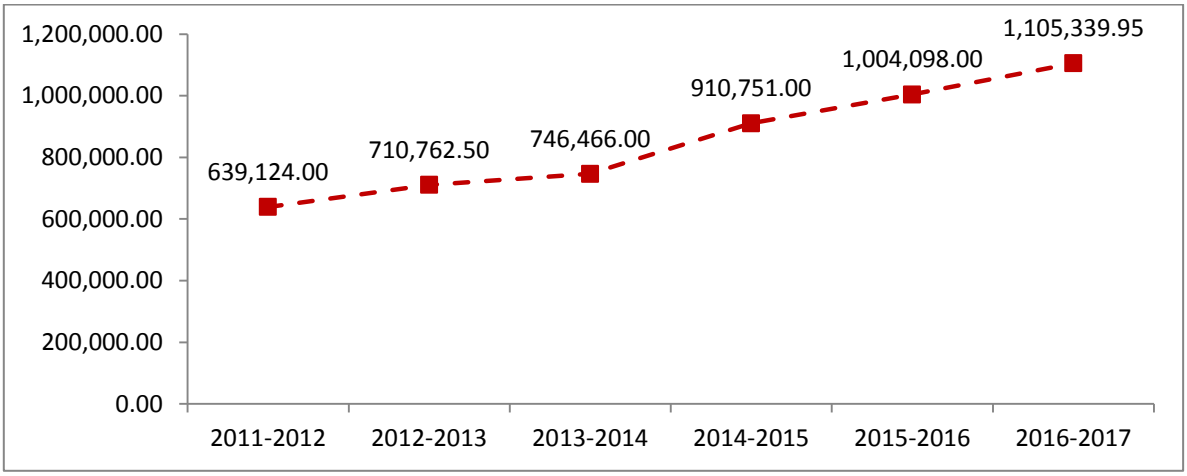
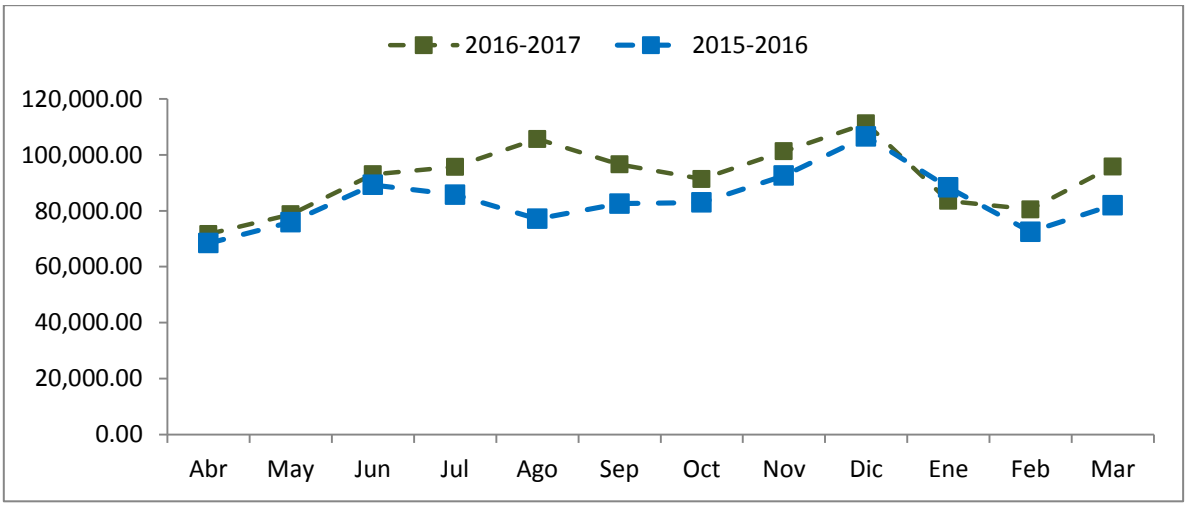


Gráfico 3.10: Demanda de Sillao 150 ml por Mes en Litros.



Tal como se ve en los gráficos, existe estacionalidad de la demanda en distintos meses para un periodo anual, esto refuerza la decisión de analizar probabilísticamente la demanda.

Los modelos estocásticos o probabilísticos utilizan VAs siendo la principal: la demanda $(\boldsymbol{D})$. El siguiente paso es ajustar dicha VA a una Distribución de Probabilidad Teórica, se ha escogido la Normal debido a que muchos fenómenos incluyendo la demanda pueden ser representadas por dicha distribución y además simplifica las ecuaciones mostradas en el capítulo II.

Con un nivel de significancia (α) de 5% y tomando los datos de la demanda mensual del periodo 2016-17, se plantea la siguiente prueba de hipótesis.

$H0$: La demanda para el periodo $2016 - 17$ se ajusta a una distribución Normal.

$H1$: La demanda para el periodo $2016 - 17$ no se ajusta a una distribución Normal.

Se efectúa la prueba de normalidad en el software MINITAB. Y solo se aceptará la hipótesis nula $H0$ si el valor de P es mayor al nivel de significancia. A continuación, se muestran las pruebas realizadas a cada tipo de demanda.

Gráfico 3.11: Prueba de Normalidad para Demanda Sillao Bulk

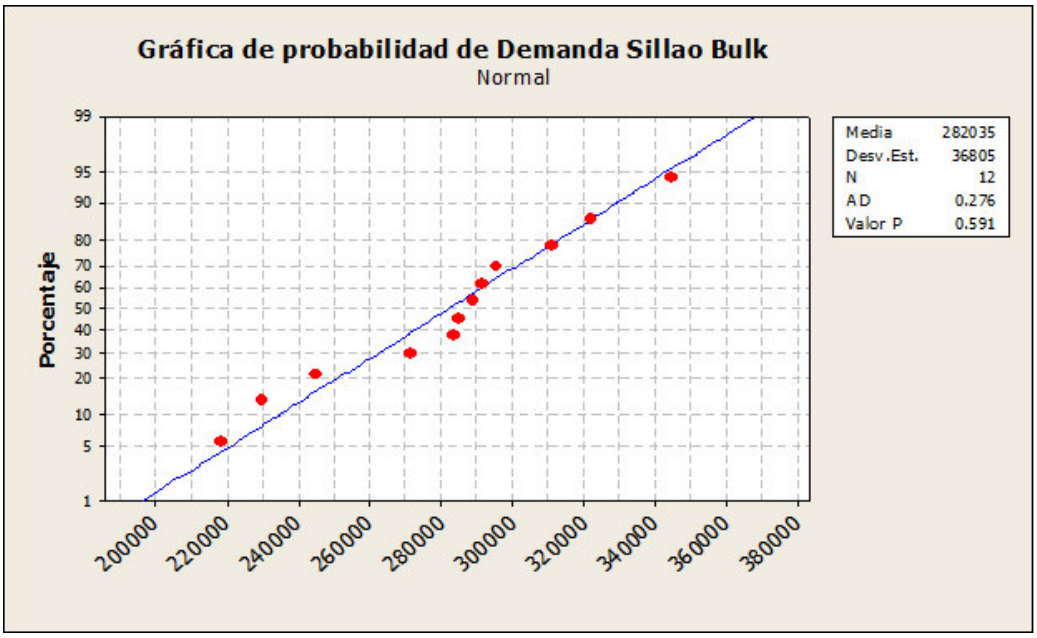


Gráfico 3.12: Prueba de Normalidad para Demanda Sillao 150 ml

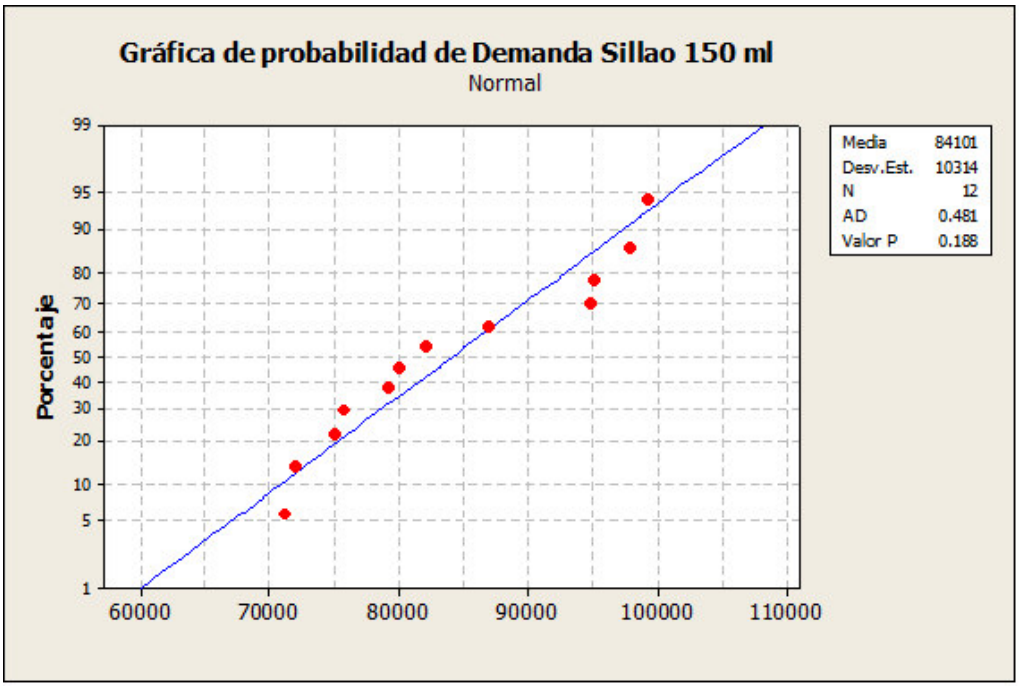


Gráfico 3.13: Prueba de Normalidad para Demanda Sillao 280 ml

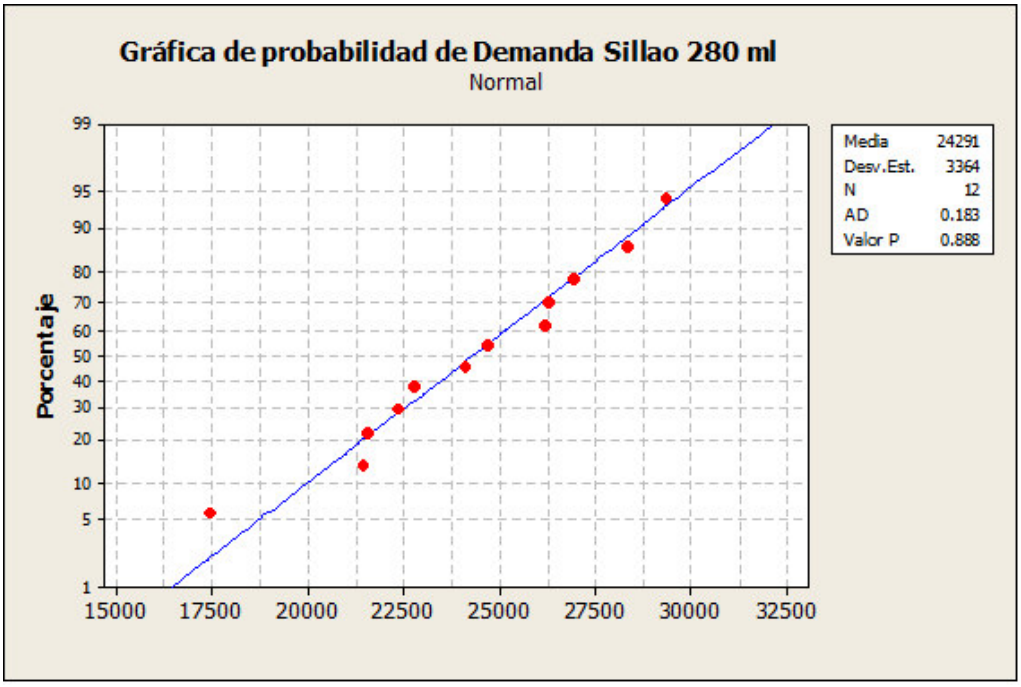
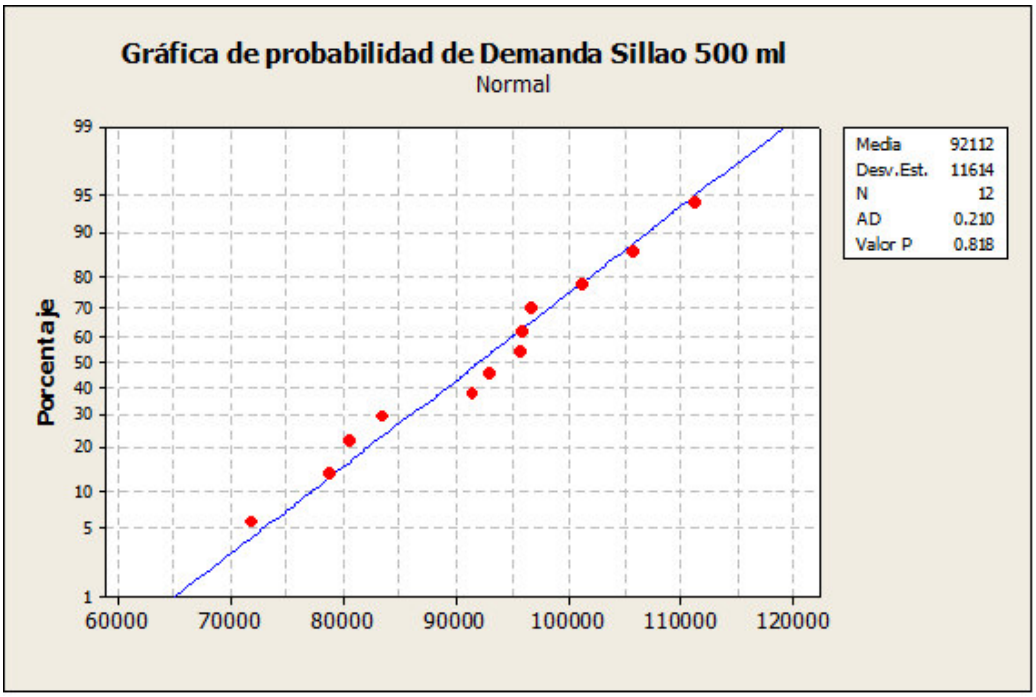


Gráfico 3.14: Prueba de Normalidad para Demanda Sillao 500 ml



En todas las pruebas se tiene valores de P mayor al nivel de significancia (α) por lo que se puede aceptar la hipótesis nula para las 4 Demandas.

Luego de haber demostrado la normalidad de la Demanda, se calcula los parámetros media y varianza, solo a los datos del periodo 2016-17.

Tabla 3.11: Esperanza de la Demanda y Varianza Mensual por Producto

PRODUCTO	E(D)	V(D)	UN
SILLAO BULK	282,035	1,354,608,025	L
SILLAO 150 ML	84,101	106,387,132	L
SILLAO 280 ML	24,291	11,318,977	L
SILLAO 500 ML	92,112	134,878,311	L

Utilizando la lista de materiales del Bulk y de cada presentación de la Tabla 3.11, y considerando las propiedades de multiplicación de la media y la varianza de las VA, se calcula la media y la varianza anual para cada insumo y material.

Tabla 3.12: Esperanza de la Demanda y Varianza Anual por Insumo-Material

INSUMO-MATERIAL	E(D)	V(D)	UN
COLOR CARAMELO	102,142	177,670,206	KG
SAL YODADA	568,433	5,502,579,704	KG
AZUCAR RUBIA	336,043	1,923,085,252	KG
TORTA DE SOYA	259,847	1,149,859,262	KG
BOTELLAS 150 ML	6,848	705,471	MLL
BOTELLAS 280 ML	1,044	20,925	MLL
BOTELLAS 500 ML	2,223	4,941,012	MLL
TAPAS 150 ML	6,614	43,749,617	MLL

El tipo de distribución de la demanda no se ve afectada por la transformación realizada, esto tiene su sustento en la propiedad de linealidad explicada en el capítulo II para la distribución normal.

3.3 SELECCIÓN DE MODELOS ESTOCÁSTICOS

Se explicaron dos modelos estocásticos en el Capítulo II, aunque estos tienen variaciones si se considera a los faltantes como ventas pérdidas o como pedidos pendientes, para estos casos se consideró los faltantes como pedidos pendientes.

El Modelo $(\boldsymbol{r}, \boldsymbol{q})$

Este modelo de revisión continúa se aplicará en primera instancia a todos los ítems, ya que es un modelo que solo acepta un pedido por ciclo, se debe demostrar la consistencia del mismo si solo si $q > E(\boldsymbol{X})$, en caso de rechazarse dicha condición se utilizara el modelo (R, S), el cual si permite más de un pedido por ciclo. Para estos modelos se calcula las siguientes constantes por insumo y material:

Costo de Hacer Pedido: Este costo fue brindado por el área de compras, y es el cociente entre las remuneraciones del área, y la cantidad de Pedidos realizados en un determinado periodo

$$K = S/.\ 185.77$$

Costo de Mantener Inv.: Según lo descrito por los autores, este costo representa entre el 20 y 40% del precio de compra, para los cálculos siguientes se elige el 40%.

$$h = 40\%\ (Precio\ de\ Compra\ Unit)$$

Costo de Faltantes: Bajo la consideración de que los faltantes se vuelven pedidos pendientes, es decir sí o sí se termina recibiendo y consumiendo, se asume el costo de faltantes igual al costo fijo por los litros de Sillao que se dejan de producir hasta la llegada del pedido.

Tabla 3.13: Plan 2016-17 de Costo Fijo por Litro de Producto.

Costos	Variable	Envase	Fijo	Total	Unidad
Plan 2016-17	0.688	1.259	1.077	3.024	(S/. / Litro)

Así como se calculó la demanda por insumo y material a partir de la demanda del producto y su lista de materiales, se calcula el costo de faltantes para cada insumo y material utilizando el consumo de estos por litro de Sillao.

$$p = \frac{S/.\ 1.077}{Consumo\ de\ Insumo - Material}$$

En la tabla 3.14 se puede visualizar los costos de mantener inventario y los costos de faltante de cada insumo y material, nótese que las botellas representan un mayor costo de faltante, pues impactan más en los litros que se deja de envasar y también un mayor costo de mantener inventario por su precio.

Tabla 3.14: Costo de Mantener y Costo de Faltantes por Insumo-Material.

INSUMO-MATERIAL	UN	h	p
COLOR CARAMELO	KG	S/. 1.21	S/. 35.69
SAL YODADA	KG	S/. 0.21	S/. 6.41
AZUCAR RUBIA	KG	S/. 0.81	S/. 10.85
TORTA DE SOYA	KG	S/. 0.63	S/. 14.03
BOTELLAS 150 ML	MLL	S/. 76.00	S/. 158.71
BOTELLAS 280 ML	MLL	S/. 115.20	S/. 300.59
BOTELLAS 500 ML	MLL	S/. 115.20	S/. 535.55
TAPAS 150 ML	MLL	S/. 24.48	S/. 164.33

El Modelo $(\boldsymbol{R},\boldsymbol{S})$

Si no se cumple la condición**:** $q > E(\boldsymbol{X})$, el insumo o material no acepta un único pedido por ciclo, para lo cual el Modelo (R, S) de revisión periódica será el que sustituya al Modelo (r,q).

La única variante es que este modelo define el costo de Revisar (J), sin embargo, se asumirá nulo este costo ya que en la empresa, se tiene un responsable de la planificación a tiempo completo, aunque si se reconoce que el modelo de revisión periódica puede generar una “holgura” en su tiempo de trabajo.

3.4 SITUACION ACTUAL 2015-16

Antes de aplicar los modelos al periodo 2016-17, se analizará la situación actual en el periodo 2015-16 relacionado a inventario medio almacenado, cantidad de pedidos realizados y faltantes observados de tal manera se pueda estimar cuanto fueron los costos incurridos en dicho periodo.

Nivel de Inventario 2015-16

El nivel de inventario durante el periodo 2015-16 de cada insumo y material permite calcular el inventario medio en dicho periodo, a partir de este valor se puede hallar un índice de rotación para cada uno.

En los siguientes gráficos se muestra los niveles de inventarios con información extraída del sistema de información (SAP).

Gráfico 3.15: Nivel de Stock 2015-16 de Color Caramelo en KG.

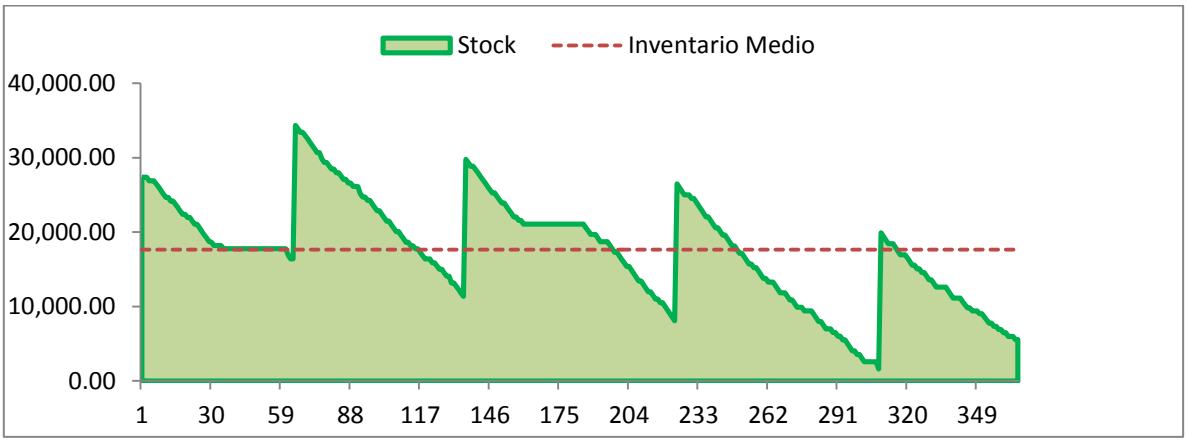


Gráfico 3.16: Nivel de Stock 2015-16 del Sal Yodada en KG.

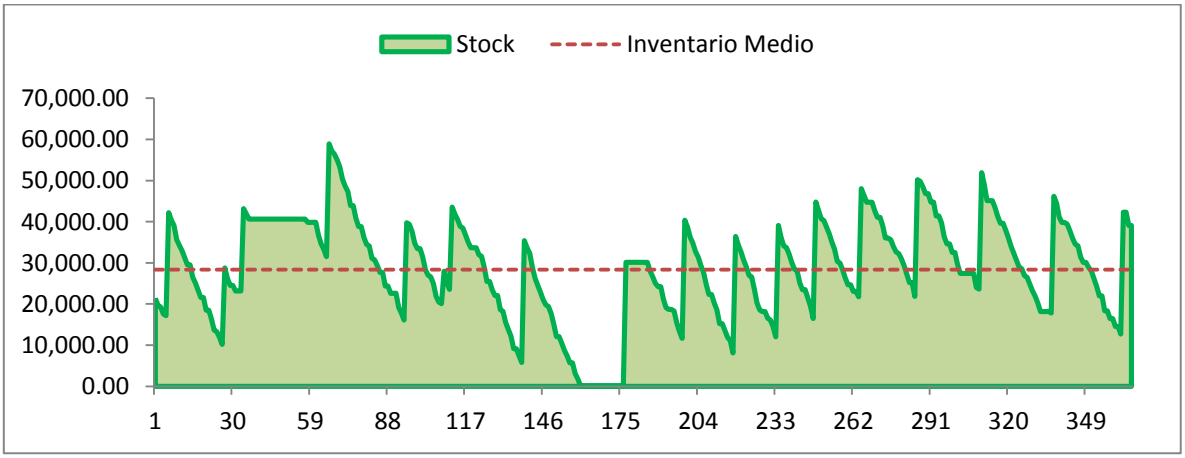


Gráfico 3.17: Nivel de Stock 2015-16 de Azúcar en KG.

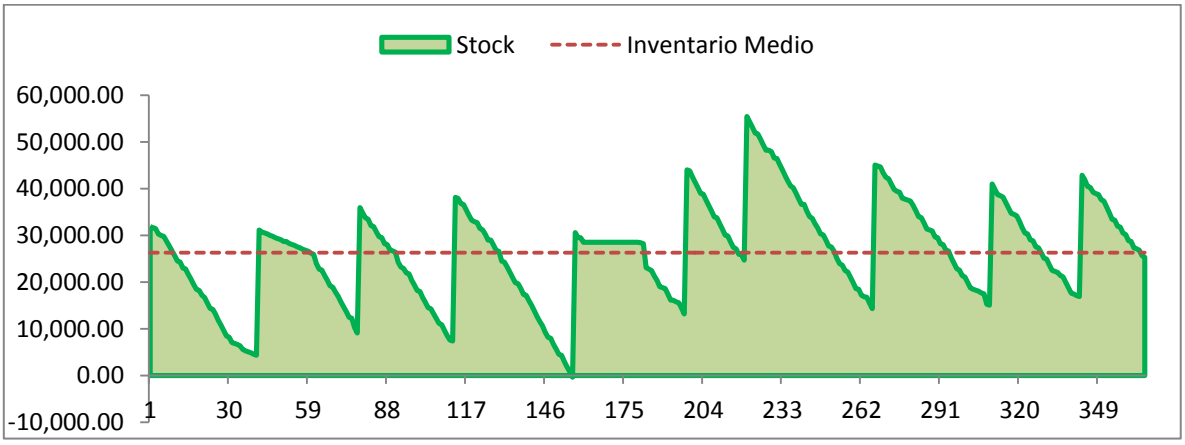


Gráfico 3.18: Nivel de Stock 2015-16 de Torta de Soya en KG.

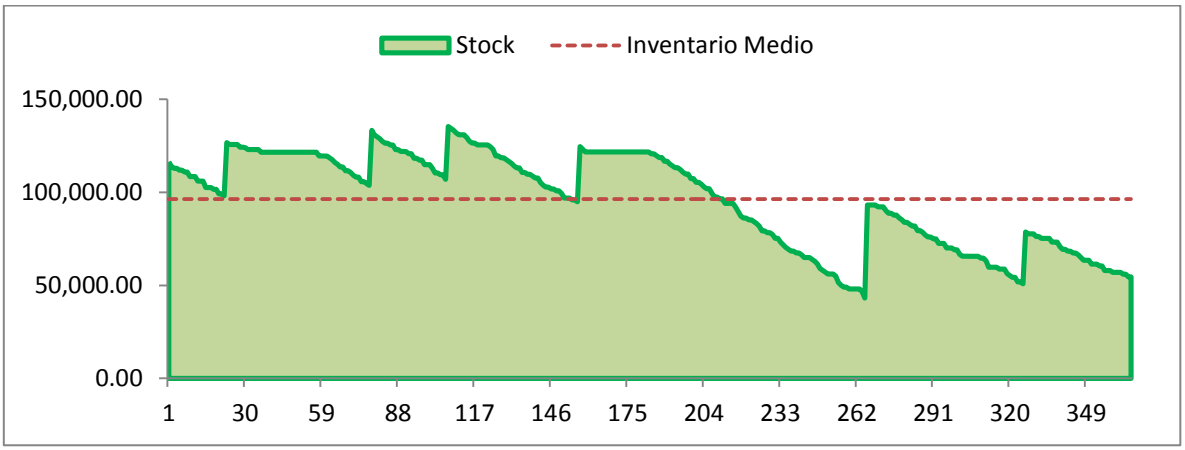


Gráfico 3.19: Nivel de Stock 2015-16 de Botellas 150 ml en MLL.

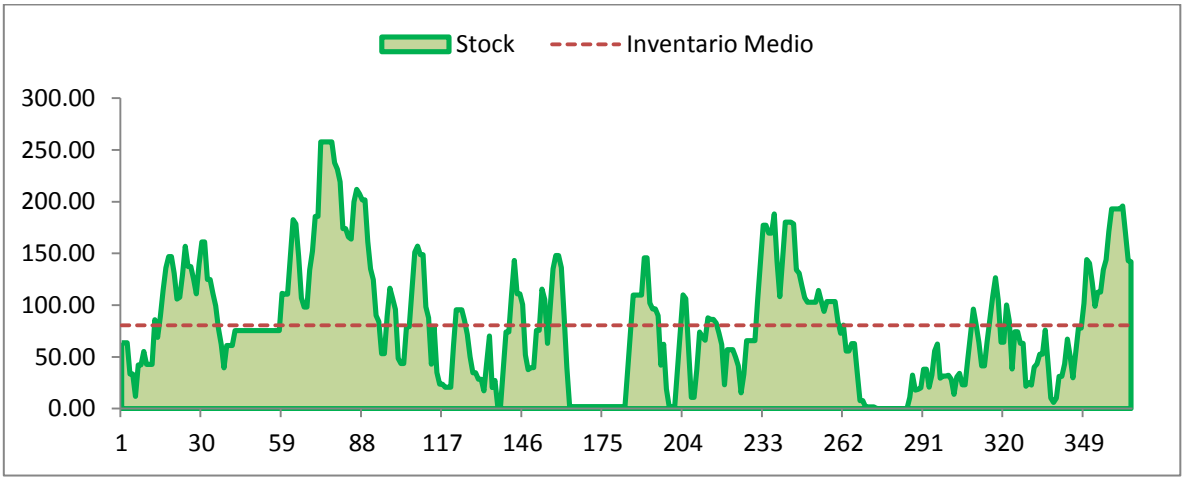


Gráfico 3.20: Nivel de Stock 2015-16 de Botellas 280 ml en MLL.

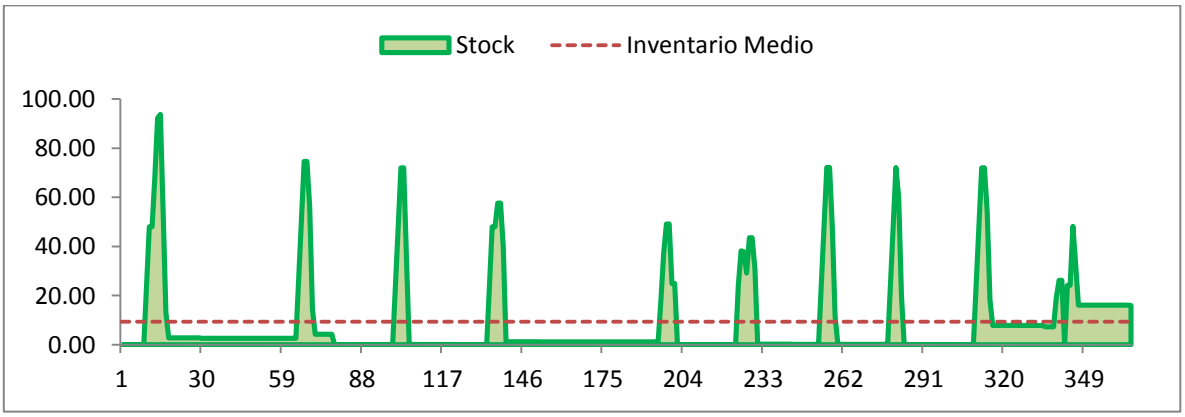


Gráfico 3.21: Nivel de Stock 2015-16 de Botellas 500 ml en MLL.

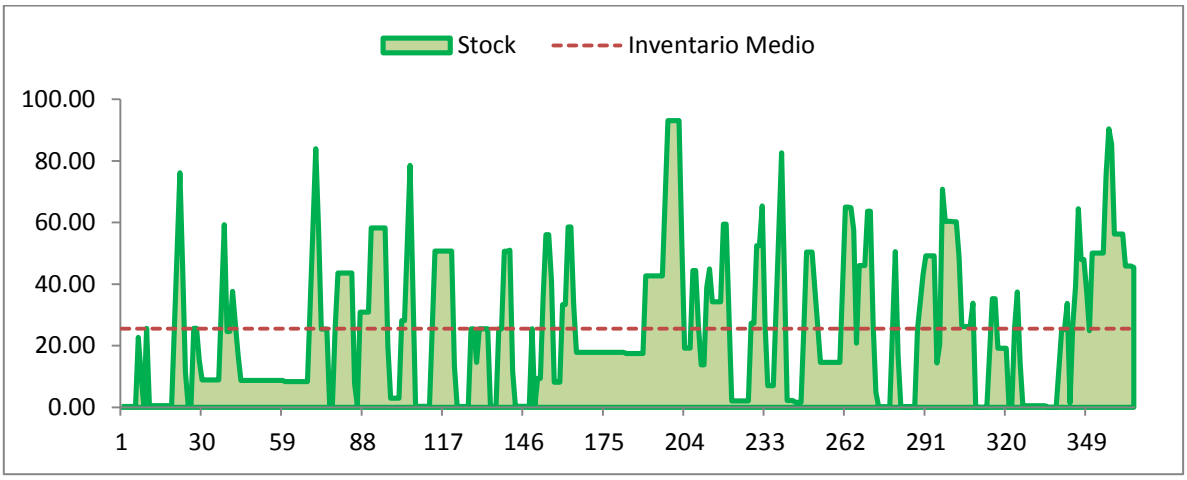
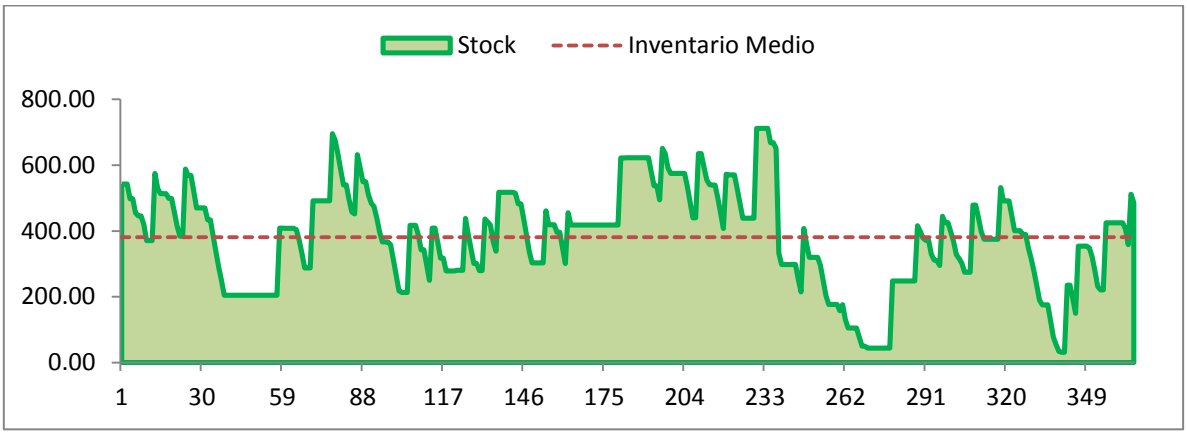


Gráfico 3.22: Nivel de Stock 2015-16 de Tapas 150 ml en MLL.



Los valores del inventario medio para cada insumo y material son el área debajo de cada gráfica el cual se puede calcular utilizando el método de trapecio con intervalos igual a un día, y el índice de rotación de inventario es el cociente entre la demanda del insumo o material durante el periodo y el Inventario medio.

$$Indice\ de\ Rotacion = \frac{Demanda}{Inventario\ Medio}$$

Tabla 3.15: Inventario medio e índice de rotación en periodo 2015-16.

INSUMO-MATERIAL	UN	Inv. Medio	Rotación (v)	Rotación (d)
COLOR CARAMELO	KG	17,624.65	4.84	75
SAL YODADA	KG	28,383.84	16.74	22
AZUCAR RUBIA	KG	26,328.68	11.18	33
TORTA DE SOYA	KG	96,377.95	2.29	160
BOTELLAS 150 ML	MLL	80.65	71.38	5
BOTELLAS 280 ML	MLL	9.38	85.43	4
BOTELLAS 500 ML	MLL	25.58	78.93	5
TAPAS 150 ML	MLL	381.33	14.58	25

En la tabla 3.15 se puede observar que el insumo torta de soya es el que presenta menor índice de rotación, lo que quiere decir que el inventario se renueva 2.29 veces por año o que se renueva cada 160 días.

Cantidad de Pedidos y Faltantes 2015-16

Visualmente se puede observar la cantidad de pedidos que hubo por insumo y material en el periodo 2015-16 a partir de los gráficos de Nivel de Stock mostrados, para el caso de las botellas son pedidos con múltiples ingresos generalmente cada 1 o 2 días. Esta información también se extrae de la base de datos (SAP).

Los faltantes no se pueden visualizar en la base de datos, ya que no se admiten negativos, por ello los faltantes para el periodo 2015-16 se aproximan a partir de los planes de producción de dicho periodo. Cuando no se alcanzó el plan en determinado mes y se visualizaba un stock igual a cero, se consideró esa diferencia como faltante del insumo y material.

Tabla 3.16: Cantidad de Faltantes y Pedidos en periodo 2015-16.

INSUMO-MATERIAL	UN	Faltantes	# Pedidos
COLOR CARAMELO	KG	0.00	4.00
SAL YODADA	KG	0.00	18.00
AZUCAR RUBIA	KG	349.00	9.00
TORTA DE SOYA	KG	0.00	6.00
BOTELLAS 150 ML	MLL	54.92	15.00
BOTELLAS 280 ML	MLL	0.96	10.00
BOTELLAS 500 ML	MLL	4.99	15.00
TAPAS 150 ML	MLL	0.00	9.00

A partir de los datos hallados de la situación actual (periodo 2015-16), se puede calcular los costos asociados a los inventarios de los insumos y materiales seleccionados.

El costo de mantener es el producto entre el inventario medio anual por el costo de almacenar una unidad al año “h”, mientras que los costos por pedidos y de faltantes se hallan multiplicando por los respectivos costos de hacer pedidos “K” y costo de faltantes “p”.

Tabla 3.17: Costos asociados a inventarios en periodo 2015-16.

INSUMO-MATERIAL	C. MANTENER	C. PEDIR	C. FALTANTE	TOTAL
COLOR CARAMELO	S/. 21,290.58	S/. 743.07	S/. 0.00	S/. 22,033.64
SAL YODADA	S/. 6,038.95	S/. 3,343.80	S/. 0.00	S/. 9,382.74
AZUCAR RUBIA	S/. 21,273.58	S/. 1,671.90	S/. 3,785.56	S/. 26,731.03
TORTA DE SOYA	S/. 60,720.80	S/. 1,114.60	S/. 0.00	S/. 61,835.40
BOTELLAS 150 ML	S/. 6,129.70	S/. 2,786.50	S/. 8,716.30	S/. 17,632.50
BOTELLAS 280 ML	S/. 1,080.60	S/. 1,857.67	S/. 288.56	S/. 3,226.83
BOTELLAS 500 ML	S/. 2,947.22	S/. 2,786.50	S/. 2,673.49	S/. 8,407.21
TAPAS 150 ML	S/. 9,335.01	S/. 1,671.90	S/. 0.00	S/. 11,006.91
	S/. 128,816.43	S/. 15,975.92	S/. 15,463.91	S/. 160,256.27

3.5 APLICACIÓN DE LOS MODELOS ESTOCASTICOS

Calcular el tiempo de entrega esperado $E(L)$

Esta VA a diferencia de la demanda es discreta, y como se conoce la data histórica se puede calcular sus parámetros media y varianza asumiendo una distribución de probabilidad empírica, para ello se deberá hacer una tabla de frecuencias con todos los datos registrados de fecha de documento, fecha solicitada y fecha de ingreso de los pedidos; con la finalidad de hacer representativa la muestra.

Tabla 3.18: Data de tiempos de entrega de la Sal Yodada.

Pedido	Fecha de Doc.	Fecha Solicitada	Fecha Ingreso	Lead Time Real
4500032484	01/09/2016	19/09/2016	19/09/2016	15
4500030524	13/07/2016	25/07/2016	25/07/2016	12
4500030524	13/07/2016	08/08/2016	08/08/2016	15
4500030524	13/07/2016	15/08/2016	15/08/2016	15
4500028610	25/05/2016	07/06/2016	08/06/2016	14
4500028610	25/05/2016	21/06/2016	21/06/2016	15
4500028610	25/05/2016	04/07/2016	04/07/2016	15
4500028610	25/05/2016	15/07/2016	15/07/2016	15
4500026617	04/04/2016	18/04/2016	18/04/2016	14
4500026617	04/04/2016	05/05/2016	05/05/2016	15
4500024838	16/02/2016	28/03/2016	28/03/2016	15
4500023775	18/01/2016	03/02/2016	04/02/2016	16
4500023775	18/01/2016	02/03/2016	02/03/2016	15
4500022407	09/12/2015	21/12/2015	21/12/2015	12
4500022407	09/12/2015	11/01/2016	11/01/2016	15
4500021277	09/11/2015	20/11/2015	20/11/2015	11
4500021277	09/11/2015	04/12/2015	04/12/2015	15
4500019800	02/10/2015	16/10/2015	16/10/2015	14
4500019800	02/10/2015	04/11/2015	04/11/2015	15
4500018688	07/09/2015	23/09/2015	24/09/2015	16

Tabla 3.19: Data de tiempos de entrega de Color Caramelo.

Pedido	Fecha de Doc.	Fecha Solicitada	Fecha Ingreso	Lead Time Real
4500030073	01/07/2016	20/10/2016	06/10/2016	86
4500027720	02/05/2016	08/08/2016	22/07/2016	81
4500025344	01/03/2016	02/06/2016	21/05/2016	81
4500022411	09/12/2015	14/03/2016	07/04/2016	120
4500021292	09/11/2015	05/02/2016	03/02/2016	86
4500017590	13/08/2015	19/11/2015	10/11/2015	89
4500013967	21/05/2015	20/08/2015	14/08/2015	85
4500011136	13/03/2015	15/06/2015	04/06/2015	83
4500007507	15/12/2014	23/03/2015	27/03/2015	102
4500004261	03/10/2014	15/01/2015	23/01/2015	108
4500001690	11/08/2014	19/11/2014	12/11/2014	93
4500000096	02/07/2014	15/09/2014	11/09/2014	71

Utilizando la Regla de Sturges descrita en el capítulo anterior, se muestran las tablas de frecuencia del Color Caramelo y la Sal Yodada:

Tabla 3.20: Tabla de frecuencias de tiempo de entrega de Sal Yodada.

Rango de datos	Marcas de Clase	Frec. Absoluta	Frec. Relativa
[11 - 12 [	11	1	0.05
[12 - 13 [	12	2	0.10
[13 - 14 [	13	0	0.00
[14 15 [	14	3	0.15
[15 16 [	15	14	0.70

Tabla 3.21: Tabla de frecuencias de tiempo de entrega del Color Caramelo.

Rango de datos	Marcas de Clase	Frec. Absoluta	Frec. Relativa
[71 - 81 [	76	1	0.08
[81 - 91 [	86	7	0.58
[91 - 100 [	96	1	0.08
[100 110 [	105	2	0.17
[110 120]	115	1	0.08

Este procedimiento se repite para todos los demás insumos y materiales, y se calcula la media y la varianza de cada uno.

Tabla 3.22: Media y Varianza de los tiempos de entrega por Insumo-Material.

INSUMO-MATERIAL	E(L)	V(L)	σ
COLOR CARAMELO	91	119	11
SAL YODADA	14	1	1
AZUCAR RUBIA	6	3	2
TORTA DE SOYA	18	39	6
BOTELLAS 150 ML	20	1	1
BOTELLAS 280 ML	20	1	1
BOTELLAS 500 ML	20	1	1
TAPAS 150 ML	15	1	1

Para el caso de las botellas, su lead time fue actualizado de 15 a 20 días no hace mucho tiempo, por lo que aún no se dispone de la data suficiente para hacer el análisis por ello se está considerando un lead time igual al teórico 20 días con una desviación de ±1 día que es lo registrado anteriormente.

Calcular Demanda durante el tiempo de entrega $E(\boldsymbol{X})$

El primer paso es calcular el valor esperado de la demanda durante el tiempo de entrega, para ello se hace uso de las tablas 3.12 y 3.22 y las ecuaciones explicadas en el capítulo II.

$$E(\boldsymbol{X}) = E(\boldsymbol{L})E(\boldsymbol{D})$$

$$var\ (\boldsymbol{X}) = E(\boldsymbol{L})var(\boldsymbol{D}) + E(\boldsymbol{D})^2 var(\boldsymbol{L})$$

Los datos de la variable $\boldsymbol{D}$ son por año, se debe hacer la transformación a días antes de reemplazar en las ecuaciones, luego de ello se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3.23: Valor Esperado de Demanda durante tiempo de entrega.

INSUMO-MATERIAL	E(X)	V(X)	σ	UN
COLOR CARAMELO	25,582	9,470,888	3,077	KG
SAL YODADA	22,473	3,821,948	1,955	KG
AZUCAR RUBIA	5,911	2,457,214	1,568	KG
TORTA DE SOYA	13,141	20,164,513	4,490	KG
BOTELLAS 150 ML	375	458	21	MLL
BOTELLAS 280 ML	57	11	3	MLL
BOTELLAS 500 ML	123	801	28	MLL
TAPAS 150 ML	276	5,401	73	MLL

Un supuesto importante que se considera en este punto, es afirmar que la demanda durante el tiempo de entrega $\boldsymbol{X}$ también se ajusta a una distribución normal. Si bien se demostró que la demanda mensual del periodo 2016-17 sigue esta distribución y por concerniente la anual también, el tiempo de entrega no es un valor constante sino es otra variable aleatoria que tiene sus propias probabilidades de ocurrencia, inclusive si el tiempo de entrega también fuese una normal, no se puede asegurar que $\boldsymbol{X}$ lo sea.

Sin embargo, si se considera que la desviación del tiempo de entrega es mínima esto puede reforzar dicho supuesto ya que $\boldsymbol{L}$ se aproximaría a una constante.

Calcular parámetros del Modelo $(\boldsymbol{r}, \boldsymbol{q})$

Se aplica el algoritmo explicado en el Capítulo II para hallar los valores óptimos de r* y q*, teniendo en cuenta que la demanda durante el tiempo de entrega $\boldsymbol{X}$ se ajusta a una distribución normal el cálculo se realiza en una Hoja de Excel y se itera hasta 5 veces.

Tabla 3.24: Iteraciones de q y r para el Color Caramelo.

Iteración	E(S)	q	P(X>=R)	Z	N.S	r	S.S	Δq	Δr
1	0	5604.89	0.0019	2.90	99.81%	34511.08	8928.99		
2	1.66	6436.34	0.0021	2.86	99.79%	34376.85	8794.77	14.83%	-0.39%
3	1.93	6560.52	0.0022	2.85	99.78%	34358.18	8776.09	1.93%	-0.05%
4	1.97	6578.99	0.0022	2.85	99.78%	34355.42	8773.34	0.28%	-0.01%
5	1.97	6581.74	0.0022	2.85	99.78%	34355.02	8772.93	0.04%	0.00%

Tabla 3.25: Iteraciones de q y r para la Sal Yodada.

Iteración	E(S)	q	P(X>=R)	Z	N.S	r	S.S	Δq	Δr
1		31506.01	0.0018	2.90	99.82%	28150.88	5678.30		
2	1.04	32067.91	0.0019	2.90	99.81%	28140.05	5667.48	1.78%	-0.04%
3	1.06	32078.64	0.0019	2.90	99.81%	28139.85	5667.27	0.03%	0.00%
4	1.06	32078.84	0.0019	2.90	99.81%	28139.84	5667.27	0.00%	0.00%
5	1.06	32078.85	0.0019	2.90	99.81%	28139.84	5667.27	0.00%	0.00%

Tabla 3.26: Iteraciones de q y r para el Azúcar Rubia.

Iteración	E(S)	q	P(X>=R)	Z	N.S	r	S.S	Δq	Δr
1	0	12430.56	0.0028	2.78	99.72%	10261.48	4350.80		
2	1.29	12891.90	0.0029	2.76	99.71%	10242.87	4332.19	3.71%	-0.18%
3	1.35	12910.16	0.0029	2.76	99.71%	10242.15	4331.47	0.14%	-0.01%
4	1.35	12910.88	0.0029	2.76	99.71%	10242.12	4331.44	0.01%	0.00%
5	1.35	12910.91	0.0029	2.76	99.71%	10242.12	4331.44	0.00%	0.00%

Tabla 3.27: Iteraciones de q y r para la Torta de Soya.

Iteración	E(S)	q	P(X>=R)	Z	N.S	r	S.S	Δq	Δr
1		12378.79	0.0021	2.86	99.79%	25969.16	12828.47		
2	2.82	13633.33	0.0024	2.83	99.76%	25830.94	12690.25	10.13%	-0.53%
3	3.13	13764.47	0.0024	2.82	99.76%	25817.16	12676.47	0.96%	-0.05%
4	3.16	13778.17	0.0024	2.82	99.76%	25815.73	12675.04	0.10%	-0.01%
5	3.17	13779.60	0.0024	2.82	99.76%	25815.58	12674.89	0.01%	0.00%

Tabla 3.28: Iteraciones de q y r para Botellas 150ml.

Iteración	E(S)	q	P(X>=R)	Z	N.S	r	S.S	Δq	Δr
1		182.97	0.0128	2.23	98.72%	423.03	47.77		
2	0.10	190.28	0.0133	2.22	98.67%	422.71	47.45	3.99%	-0.08%
3	0.10	190.60	0.0133	2.22	98.67%	422.69	47.43	0.17%	0.00%
4	0.10	190.61	0.0133	2.22	98.67%	422.69	47.43	0.01%	0.00%
5	0.10	190.61	0.0133	2.22	98.67%	422.69	47.43	0.00%	0.00%

Tabla 3.29: Iteraciones de q y r para Botellas 280ml.

Iteración	E(S)	q	P(X>=R)	Z	N.S	r	S.S	Δq	Δr
1		58.04	0.0213	2.03	97.87%	64.05	6.82		
2	0.03	59.27	0.0217	2.02	97.83%	64.02	6.80	2.12%	-0.05%
3	0.03	59.30	0.0218	2.02	97.82%	64.02	6.79	0.05%	0.00%
4	0.03	59.30	0.0218	2.02	97.82%	64.02	6.79	0.00%	0.00%
5	0.03	59.30	0.0218	2.02	97.82%	64.02	6.79	0.00%	0.00%

Tabla 3.30: Iteraciones de q y r para Botellas 500ml.

Iteración	E(S)	q	P(X>=R)	Z	N.S	r	S.S	Δq	Δr
1		84.67	0.0082	2.40	99.18%	191.41	67.91		
2	0.08	93.59	0.0091	2.36	99.09%	190.36	66.87	10.53%	-0.55%
3	0.09	94.58	0.0092	2.36	99.08%	190.25	66.76	1.06%	-0.06%
4	0.09	94.69	0.0092	2.36	99.08%	190.24	66.75	0.12%	-0.01%
5	0.09	94.70	0.0092	2.36	99.08%	190.24	66.75	0.01%	0.00%

Tabla 3.31: Iteraciones de q y r para Tapas 150 ml.

Iteración	E(S)	q	P(X>=R)	Z	N.S	r	S.S	Δq	Δr
1		316.84	0.0071	2.45	99.29%	455.68	180.08		
2	0.17	340.04	0.0077	2.42	99.23%	453.80	178.21	7.32%	-0.41%
3	0.19	341.84	0.0077	2.42	99.23%	453.66	178.06	0.53%	-0.03%
4	0.19	341.99	0.0077	2.42	99.23%	453.65	178.05	0.04%	0.00%
5	0.19	342.00	0.0077	2.42	99.23%	453.65	178.05	0.00%	0.00%

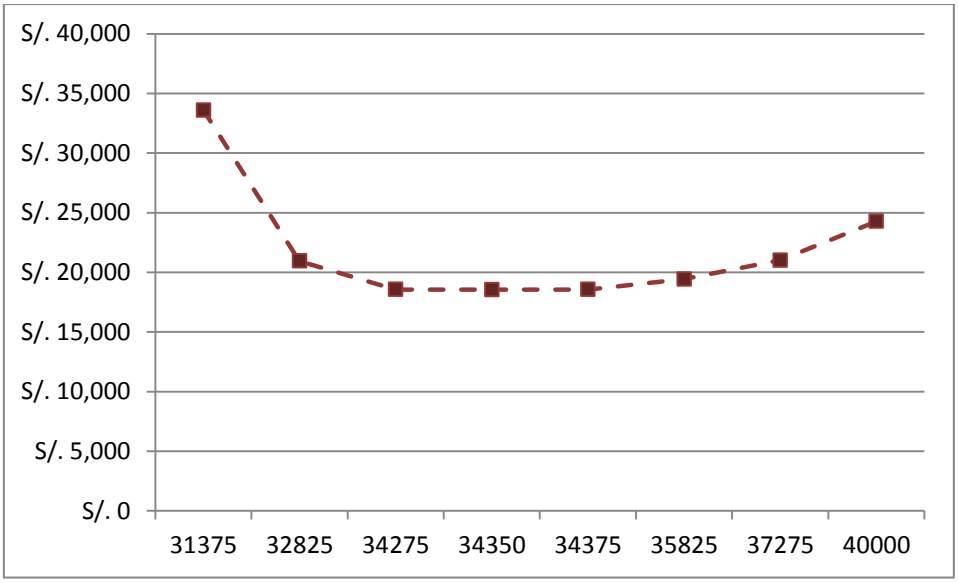
Luego de determinar el valor óptimo de q* y r* para cada insumo y material, se redondea dicha cantidad q* a un múltiplo de pedido. Para el caso de los insumos son sacos y bidones de 25 KG, mientras que las botellas se ajustan a la capacidad de

transporte del proveedor de tal forma no afecte el precio. El punto r* no debe variar significativamente del óptimo calculado en las iteraciones, aunque también se puede recalcular en función al costo total como se muestra a continuación:

Tabla 3.32: Costo Total del Color Caramelo en función al Punto de reorden.

q	r	Z	N.S	P(X>=R)	S.S	E(S)	C. Pedir	C. Mantener	C. Faltante	Costo Total
6575	25582	0.00	50.00%	0.500	0	1228	S/. 2,886	S/. 3,971	S/. 680,628	S/. 687,485
6575	27025	0.47	68.04%	0.320	1443	639	S/. 2,886	S/. 5,714	S/. 354,141	S/. 362,741
6575	28475	0.94	82.64%	0.174	2893	287	S/. 2,886	S/. 7,466	S/. 159,134	S/. 169,486
6575	29925	1.41	92.09%	0.079	4343	110	S/. 2,886	S/. 9,218	S/. 61,033	S/. 73,136
6575	31375	1.88	97.01%	0.030	5793	36	S/. 2,886	S/. 10,969	S/. 19,742	S/. 33,597
6575	32825	2.35	99.07%	0.009	7243	10	S/. 2,886	S/. 12,721	S/. 5,334	S/. 20,941
6575	34275	2.82	99.76%	0.002	8693	2	S/. 2,886	S/. 14,472	S/. 1,195	S/. 18,553
6575	34350	2.85	99.78%	0.002	8768	2	S/. 2,886	S/. 14,563	S/. 1,100	S/. 18,549
6575	34375	2.86	99.79%	0.002	8793	2	S/. 2,886	S/. 14,593	S/. 1,070	S/. 18,549
6575	35825	3.33	99.96%	0.000	10243	0	S/. 2,886	S/. 16,345	S/. 195	S/. 19,425
6575	37275	3.80	99.99%	0.000	11693	0	S/. 2,886	S/. 18,096	S/. 29	S/. 21,011
6575	40000	4.68	100.00%	0.000	14418	0	S/. 2,886	S/. 21,388	S/. 0	S/. 24,274

Gráfico 3.23: Costo Total del Color Caramelo en función al Punto de Reorden.



Las columnas del nivel de servicio N.S y stock de Seguridad S.S, se explicarán más adelante.

Tabla 3.33: Costo Total de Azúcar en función al Punto de reorden.

q	r	Z	N.S	P(X>=R)	S.S	E(S)	C. Pedir	C. Mantener	C. Faltante	Costo Total
12900	5911	0.00	50.00%	0.5000	0.00	625.36	S/. 4,839	S/. 5,212	S/. 176,702	S/. 186,753
12900	6600	0.44	66.99%	0.3301	689.32	340.21	S/. 4,839	S/. 5,769	S/. 96,130	S/. 106,738
12900	7300	0.89	81.23%	0.1877	1389.32	161.42	S/. 4,839	S/. 6,334	S/. 45,612	S/. 56,785
12900	8000	1.33	90.87%	0.0913	2089.32	66.52	S/. 4,839	S/. 6,900	S/. 18,797	S/. 30,536
12900	9700	2.42	99.22%	0.0078	3789.32	4.05	S/. 4,839	S/. 8,273	S/. 1,143	S/. 14,256
12900	9800	2.48	99.35%	0.0065	3889.32	3.33	S/. 4,839	S/. 8,354	S/. 941	S/. 14,134
12900	10500	2.93	99.83%	0.0017	4589.32	0.77	S/. 4,839	S/. 8,920	S/. 218	S/. 13,977
12900	10200	2.74	99.69%	0.0031	4289.32	1.47	S/. 4,839	S/. 8,677	S/. 417	S/. 13,933
12900	10250	2.77	99.72%	0.0028	4339.32	1.33	S/. 4,839	S/. 8,718	S/. 375	S/. 13,932
12900	10950	3.21	99.93%	0.0007	5039.32	0.27	S/. 4,839	S/. 9,283	S/. 78	S/. 14,200
12900	11650	3.66	99.99%	0.0001	5739.32	0.05	S/. 4,839	S/. 9,849	S/. 13	S/. 14,702
12900	12350	4.11	100.00%	0.0000	6439.32	0.01	S/. 4,839	S/. 10,415	S/. 2	S/. 15,256

Gráfico 3.24: Costo Total de Azúcar Rubia en función al Punto de Reorden.

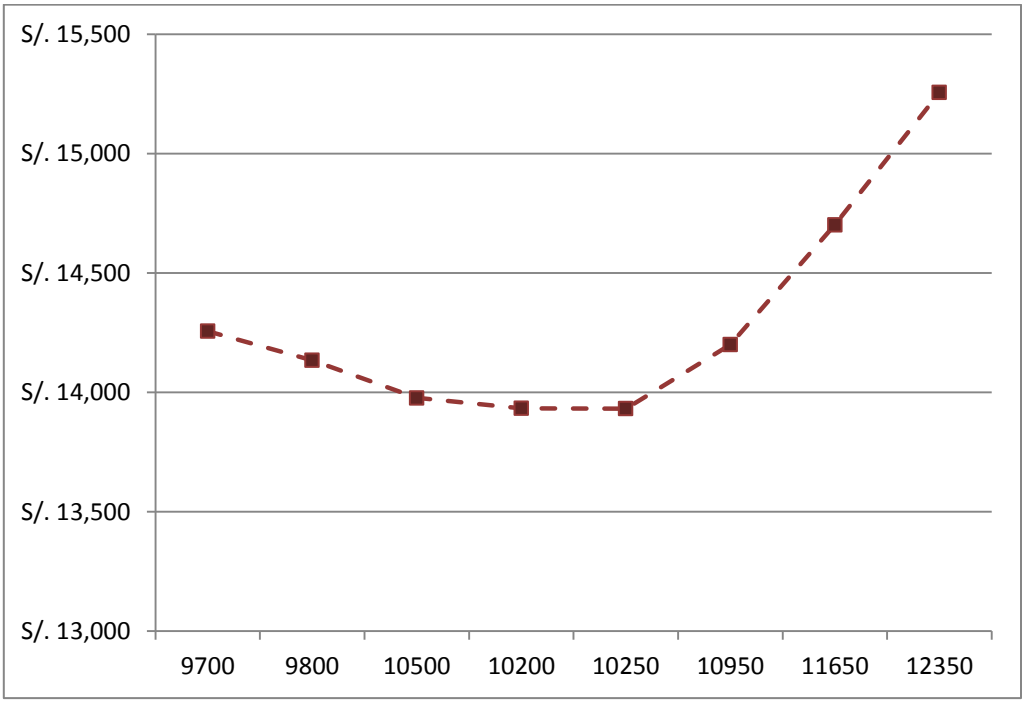


Tabla 3.34: Costo Total de Botella 280 ml en función al Punto de reorden.

q	r	Z	N.S	P(X>=R)	S.S	E(S)	C. Pedir	C. Mantener	C. Faltante	Costo Total
48	57	0.00	50.00%	0.500	0.00	1.34	S/. 4,042	S/. 2,765	S/. 8,782	S/. 15,589
48	58	0.23	59.07%	0.409	0.77	0.99	S/. 4,042	S/. 2,854	S/. 6,489	S/. 13,385
48	59	0.53	70.07%	0.299	1.77	0.64	S/. 4,042	S/. 2,969	S/. 4,178	S/. 11,189
48	60	0.82	79.49%	0.205	2.77	0.39	S/. 4,042	S/. 3,084	S/. 2,539	S/. 9,665
48	61	1.12	86.88%	0.131	3.77	0.22	S/. 4,042	S/. 3,199	S/. 1,450	S/. 8,692
48	62	1.42	92.19%	0.078	4.77	0.12	S/. 4,042	S/. 3,314	S/. 776	S/. 8,133
48	63	1.71	95.68%	0.043	5.77	0.06	S/. 4,042	S/. 3,430	S/. 388	S/. 7,860
48	64	2.01	97.79%	0.022	6.77	0.03	S/. 4,042	S/. 3,545	S/. 181	S/. 7,768
48	65	2.31	98.95%	0.010	7.77	0.01	S/. 4,042	S/. 3,660	S/. 79	S/. 7,781
48	67	2.90	99.82%	0.002	9.77	0.00	S/. 4,042	S/. 3,890	S/. 12	S/. 7,944
48	69	3.50	99.98%	0.000	11.77	0.00	S/. 4,042	S/. 4,121	S/. 1	S/. 8,164
48	71	4.09	100.00%	0.0000	13.77	0.00	S/. 4,042	S/. 4,351	S/. 0	S/. 8,393

Gráfico 3.25: Costo Total de Botella 280 ml en función al Punto de Reorden.

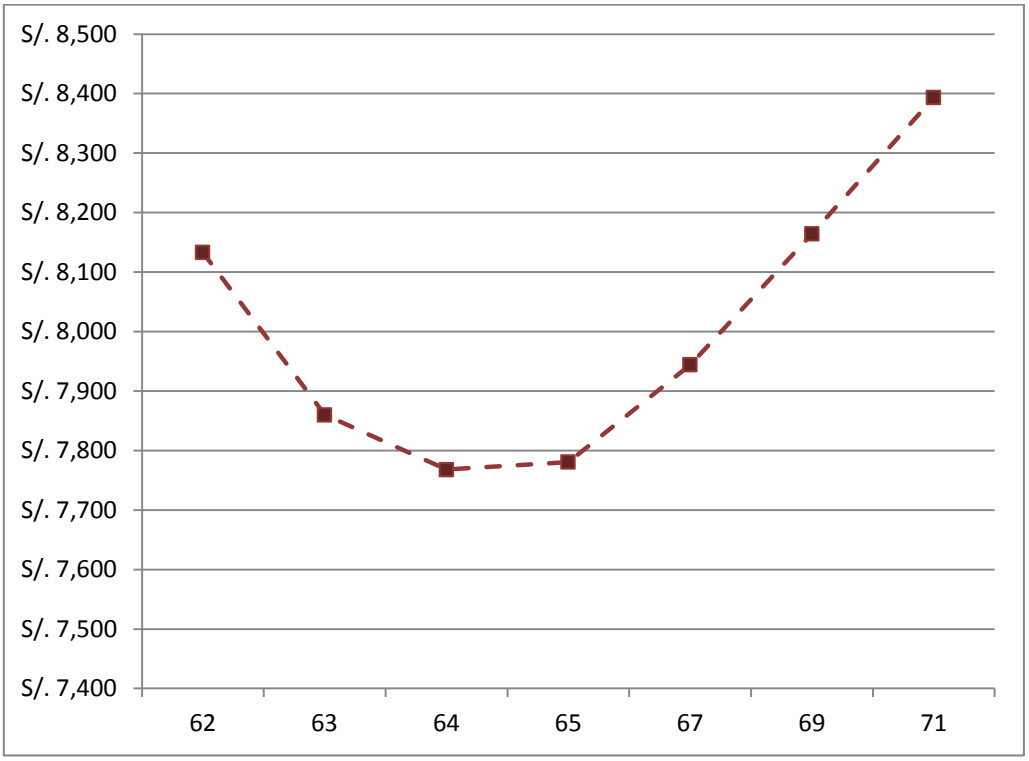
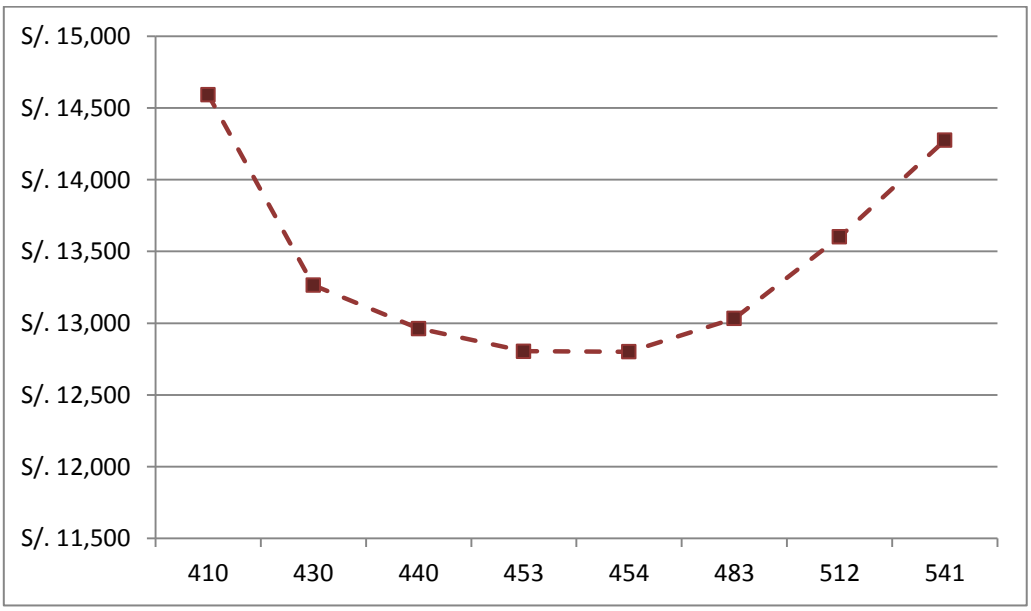


Tabla 3.35: Costo Total de Tapas 150 ml en función al Punto de reorden.

q	r	Z	N.S	P(X>=R)	S.S	E(S)	C. Pedir	C. Mantener	C. Faltante	Costo Total
300	276	0.00	50.00%	0.5000	0.00	29.32	S/. 4,096	S/. 3,672	S/. 106,226	S/. 113,994
300	304	0.39	65.04%	0.3496	28.40	17.28	S/. 4,096	S/. 4,367	S/. 62,610	S/. 71,073
300	333	0.78	78.26%	0.2174	57.40	9.13	S/. 4,096	S/. 5,077	S/. 33,090	S/. 42,263
300	362	1.18	88.01%	0.1199	86.40	4.33	S/. 4,096	S/. 5,787	S/. 15,700	S/. 25,583
300	410	1.83	96.63%	0.0337	134.40	0.98	S/. 4,096	S/. 6,962	S/. 3,534	S/. 14,592
300	430	2.10	98.22%	0.0178	154.40	0.47	S/. 4,096	S/. 7,452	S/. 1,718	S/. 13,265
300	440	2.24	98.74%	0.0126	164.40	0.32	S/. 4,096	S/. 7,697	S/. 1,171	S/. 12,963
300	453	2.41	99.21%	0.0079	177.40	0.19	S/. 4,096	S/. 8,015	S/. 695	S/. 12,805
300	454	2.43	99.24%	0.0076	178.40	0.18	S/. 4,096	S/. 8,039	S/. 667	S/. 12,802
300	483	2.82	99.76%	0.0024	207.40	0.05	S/. 4,096	S/. 8,749	S/. 188	S/. 13,033
300	512	3.22	99.94%	0.0006	236.40	0.01	S/. 4,096	S/. 9,459	S/. 46	S/. 13,601
300	541	3.61	99.98%	0.0002	265.40	0.00	S/. 4,096	S/. 10,169	S/. 10	S/. 14,275

Gráfico 3.26: Costo Total de Botella 280 ml en función al Punto de Reorden.



Todos los valores seleccionados de punto de reorden y tamaño de pedido que reducen el costo total y cumplen con las restricciones de los proveedores, se muestran a continuación junto al valor esperado de la demanda durante el tiempo de entrega $E(\boldsymbol{X})$.

Tabla 3.36: Parámetros r y q de insumos y materiales.

INSUMO-MATERIAL	q*	r*	E(X)	UN	q* > E(X)
COLOR CARAMELO	6,575.00	34,375.00	25,582	KG	No
SAL YODADA	32,050.00	28,150.00	22,473	KG	Si
AZUCAR RUBIA	12,900.00	10,250.00	5,911	KG	Si
TORTA DE SOYA	13,750.00	25,850.00	13,141	KG	Si
BOTELLAS 150 ML	168.00	423.00	375	MLL	No
BOTELLAS 280 ML	48.00	65.00	57	MLL	No
BOTELLAS 500 ML	75.60	191.00	123	MLL	No
TAPAS 150 ML	300.00	454.00	276	MLL	Si

De acuerdo a la tabla 3.36 las botellas y el color caramelo no cumplen la condición de modelo de un solo pedido, por lo tanto el Modelo (r, q) no es aplicable para ellos, por lo que se procede a calcular R y S para estos ítems.

Calcular parámetros del Modelo $(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{S})$

Se comienza iterando los valores de q, para hallar el tiempo entre revisión R y posición de inventario S, este procedimiento también se realizó en una Hoja de Excel, la diferencia está en que cada iteración determina un nuevo valor de R, por lo tanto, se recalcula la demanda durante: el tiempo de entrega más el tiempo entre revisión $E(X)$ o $E(D_{L+R})$.

Tabla 3.37: Iteración de q en el Modelo (R, S) para el Color Caramelo.

Iteración	q	E(L+R)	E(X)	Var (X)	σ
1	5604.89	111.45	31186.98	9497598.59	3081.82
2	6437.44	114.42	32019.53	9501566.18	3082.46
3	6562.11	114.87	32144.20	9502160.34	3082.56
4	6580.72	114.93	32162.81	9502249.00	3082.57
5	6583.49	114.94	32165.58	9502262.22	3082.57

Tabla 3.38: Iteración de R y S para el Color Caramelo.

Iteración	E(S)	R	P(X>=S)	Z	N.S	S	S.S	ΔR	ΔS
1		0.05	0.0019	2.90	99.81%	40128.55	8941.57		
2	1.66	0.06	0.0021	2.86	99.79%	40828.36	8808.83	14.85%	1.74%
3	1.93	0.06	0.0022	2.85	99.78%	40934.53	8790.33	1.94%	0.26%
4	1.97	0.06	0.0022	2.85	99.78%	40950.40	8787.59	0.28%	0.04%
5	1.98	0.06	0.0022	2.85	99.78%	40952.77	8787.19	0.04%	0.01%

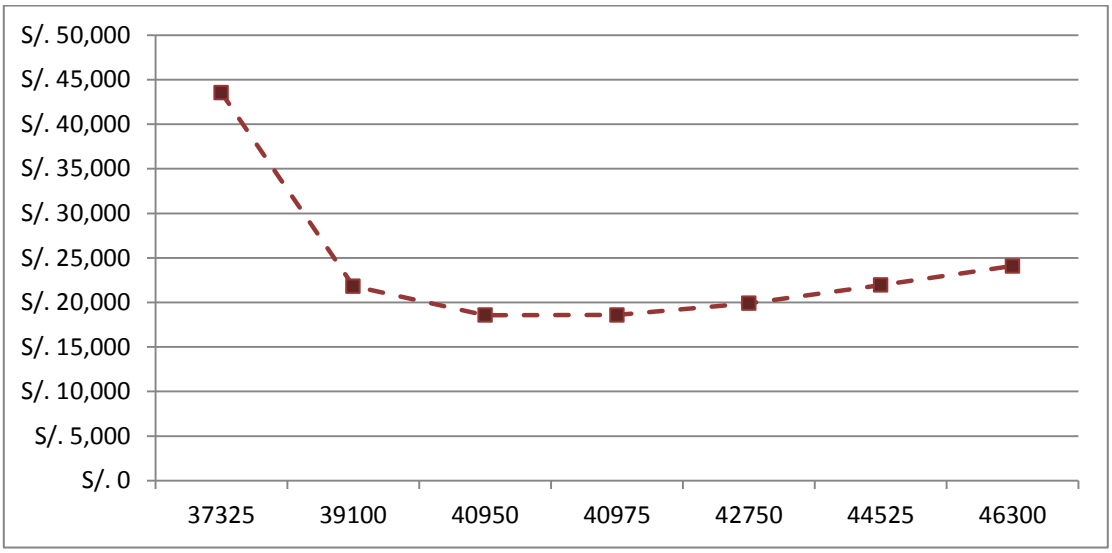
Las tablas 3.37 y 3.38 se trabajan en paralelo, cada vez que se estima un valor de q se debe calcular uno de R, y luego calcular la media y desviación para poder hallar el valor correspondiente de S.

Luego de determinar los valores óptimos de R* y S*, se redondea el tiempo entre revisión a un valor exacto de días y se calcula nuevamente $E(\boldsymbol{X})$, para este insumo se consideró 23 días o 0.06 años. A continuación se muestra el costo total en función a la posición de inventario "S".

Tabla 3.39: Costo Total de Color Caramelo en función a Posición de Inventario.

R	S	Z	N.S	P(X>=S)	S.S	E(S)	C. Pedir	C. Mantener	C. Faltante	Costo Total
0.06	32018	0.00	50.00%	0.5000	0.00	1229.72	S/. 2,948	S/. 3,888	S/. 696,416	S/. 703,252
0.06	33775	0.57	71.56%	0.2844	1756.58	545.87	S/. 2,948	S/. 6,009	S/. 309,139	S/. 318,096
0.06	35550	1.15	87.40%	0.1260	3531.58	193.09	S/. 2,948	S/. 8,154	S/. 109,353	S/. 120,455
0.06	37325	1.72	95.74%	0.0426	5306.58	53.48	S/. 2,948	S/. 10,298	S/. 30,286	S/. 43,532
0.06	39100	2.30	98.92%	0.0108	7081.58	11.37	S/. 2,948	S/. 12,442	S/. 6,441	S/. 21,831
0.06	40950	2.90	99.81%	0.0019	8931.58	1.68	S/. 2,948	S/. 14,677	S/. 954	S/. 18,579
0.06	40975	2.91	99.82%	0.0018	8956.58	1.64	S/. 2,948	S/. 14,707	S/. 927	S/. 18,582
0.06	42750	3.48	99.98%	0.0002	10731.58	0.19	S/. 2,948	S/. 16,851	S/. 110	S/. 19,909
0.06	44525	4.06	100.00%	0.0000	12506.58	0.02	S/. 2,948	S/. 18,995	S/. 10	S/. 21,953
0.06	46300	4.63	100.00%	0.0000	14281.58	0.00	S/. 2,948	S/. 21,140	S/. 1	S/. 24,088

Gráfico 3.27: Costo Total de Color Caramelo en función a Posición de Inventario.



Este procedimiento se repite para las botellas que no cumplieron la condición de un solo pedido, obteniendo los valores de R y S mostrados en la tabla 3.40

Tabla 3.40: Valores Seleccionados de R y S para insumos y materiales.

INSUMO-MATERIAL	R (días)	S	UN
COLOR CARAMELO	23	40,975.00	KG
BOTELLAS 150 ML	11	617.00	MLL
BOTELLAS 280 ML	20	125.00	MLL
BOTELLAS 500 ML	17	312.00	MLL

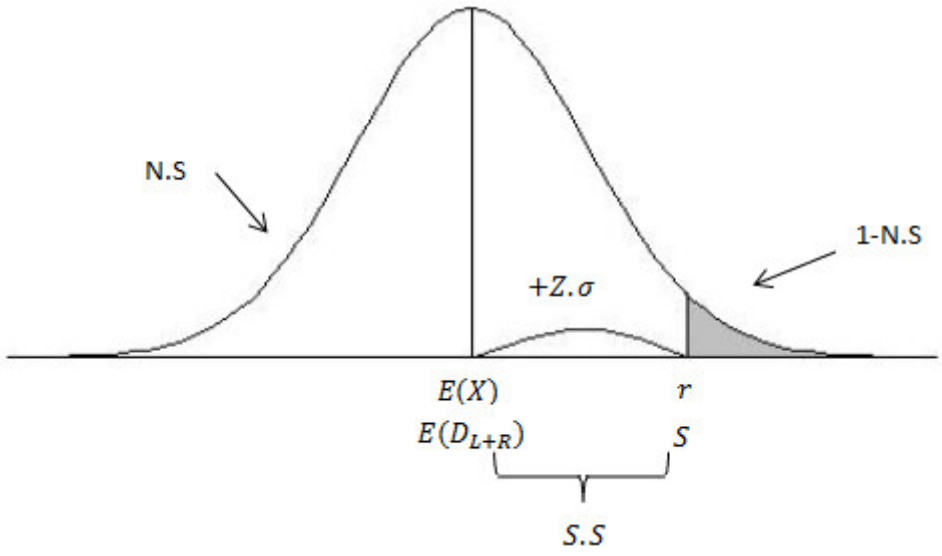
Algunas razones por la cual estos ítems no aplican al modelo (r, q) es que tienen el tiempo de entrega muy largo en el caso del color caramelo lo cual llevaría a tener almacenado mucho stock si se quiere hacer un solo pedido por ciclo, y las botellas tienen el lote optimo pequeño debido a que su costo de mantener es alto en relación a su demanda.

Calcular Stocks de Seguridad y Nivel de Servicio.

Otros factores importantes que se han calculado implícitamente al hallar los parámetros de los modelos estocásticos y que se muestran en las tablas de los costos totales, son el stock de seguridad y el nivel de servicio. Una de las causas al problema planteado es que en la empresa no estaban definidos los stocks de seguridad.

Teniendo en cuenta que X se ajusta a una distribución normal para ambos modelos, el nivel de servicio es la probabilidad de que $X \leq r$ o $X \leq S$ es decir que no haya desabastecimiento, y el stock de seguridad son las Z desviaciones respecto al valor esperado de X.

Gráfico 3.28: Nivel de Servicio y Stock de Seguridad.



De la figura se puede deducir que entre menor sea la desviación de X, el nivel de servicio puede ser alto sin necesidad de incrementar tanto el stock de seguridad.

Graficando la curva de costo total de la azúcar (Tabla 3.33), se puede visualizar el comportamiento de este en función al stock de seguridad y el nivel de servicio.

Gráfico 3.29: Costo Total de Azúcar en función a Stock de Seguridad.

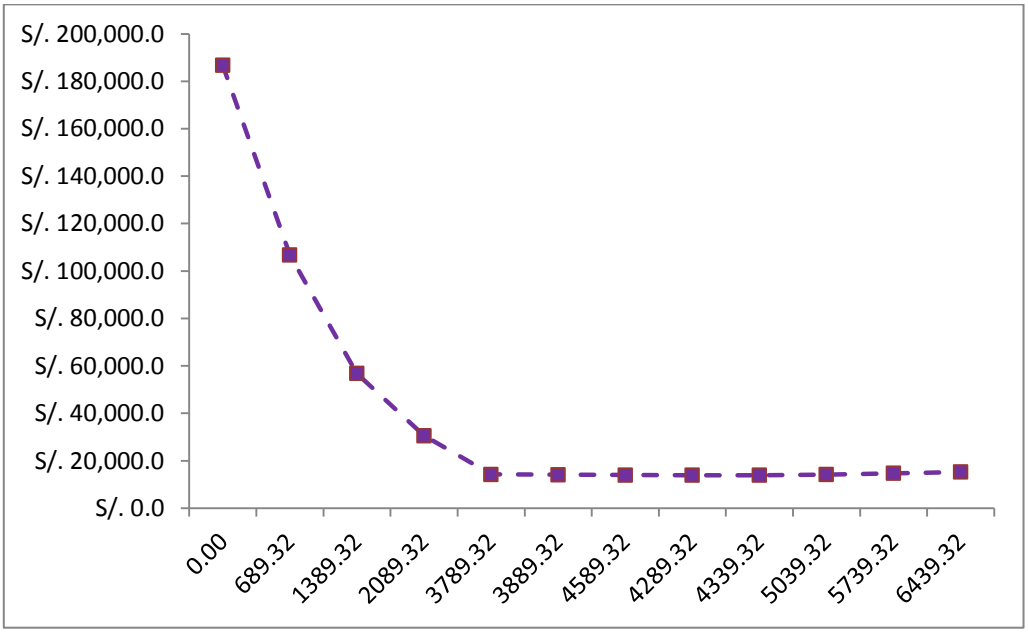
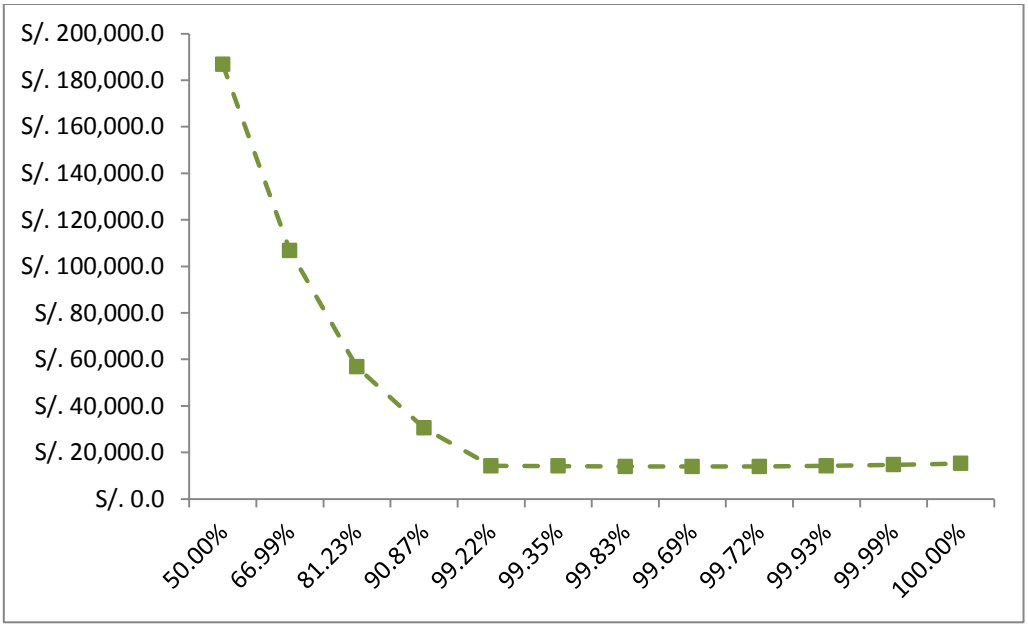


Gráfico 3.30: Costo Total de Azúcar en función a Nivel de Servicio.



Cuando el nivel de servicio es igual al 50%, el punto de reorden o la posición de inventario son igual a la demanda durante el tiempo de espera $L\ o\ L + R$, por lo que se visualiza un stock de seguridad igual a cero. Sin embargo, esto representa la mayor cantidad de faltantes posibles *E(S)***,** incrementando el costo por faltantes significativamente.

Esta es una razón por la cual las iteraciones determinan un alto nivel de servicio para el costo óptimo, ya que para reducir ese alto costo por faltantes se debe tener un mayor stock de seguridad.

La tabla 3.41 muestra los stocks de seguridad y los niveles de servicio para todos los insumos y materiales analizados.

Tabla 3.41: Stocks de Seguridad y Nivel de Servicio por Insumo-Material.

INSUMO-MATERIAL	UN	S.S	S.S (días)	N.S.
COLOR CARAMELO	KG	8,957	32	99.82%
SAL YODADA	KG	5,677	4	99.82%
AZUCAR RUBIA	KG	4,339	5	99.72%
TORTA DE SOYA	KG	12,709	18	99.77%
BOTELLAS 150 ML	MLL	35	2	94.01%
BOTELLAS 280 ML	MLL	11	4	99.72%
BOTELLAS 500 ML	MLL	84	14	98.59%
TAPAS 150 ML	MLL	178	10	99.24%

El stock de seguridad puede representar más o menos días dependiendo el costo por faltantes (Botellas) y la variación del tiempo de entrega (Torta de Soya y Color Caramelo).

CAPÍTULO IV

EVALUACION DE RESULTADOS

4.1 COMPARACION RESPECTO A LA SITUACION ACTUAL

Luego de haber aplicado los modelos de inventario y haber determinado sus respectivos parámetros propuestos para el periodo 2016-17, se hace la comparación respecto al periodo 2015-16 el cual fue definido como situación actual, para demostrar que existe una mejora respecto a los problemas planteados de desabastecimiento y sobre stock.

En la tabla 4.1 se muestra un resumen de los parámetros y modelos de inventarios propuestos para los insumos y materiales seleccionados.

Tabla 4.1: Parámetros de modelos de inventarios aplicados**.**

Insumos y Materiales	Modelo Propuesto			
	R	S	r	q
COLOR CARAMELO	23 días	40975 KG		
SAL YODADA			28150 KG	32050 KG
AZUCAR RUBIA			10250 KG	12900 KG
TORTA DE SOYA			25850 KG	13750 KG
BOTELLAS 150 ML	11 días	617 MLL		
BOTELLAS 280 ML	20 días	125 MLL		
BOTELLAS 500 ML	17 días	312 MLL		
TAPAS 150 ML			454 MLL	300 MLL

Utilizando las ecuaciones del capítulo II para Modelos estocásticos, se calculará los costos asociados a inventarios: Costo de pedir, Costo de mantener y Costo de Faltantes.

Tabla 4.2: Comparación de los Costos de hacer Pedidos.

Insumos y Materiales	Costo de Pedir	
	2015-2016	Propuesto
COLOR CARAMELO	S/. 743.07	S/. 2,948.03
SAL YODADA	S/. 3,343.80	S/. 3,294.72
AZUCAR RUBIA	S/. 1,671.90	S/. 4,839.20
TORTA DE SOYA	S/. 1,114.60	S/. 3,510.62
BOTELLAS 150 ML	S/. 2,786.50	S/. 6,164.07
BOTELLAS 280 ML	S/. 1,857.67	S/. 3,390.24
BOTELLAS 500 ML	S/. 2,786.50	S/. 3,988.52
TAPAS 150 ML	S/. 1,671.90	S/. 4,095.75
TOTAL	S/. 15,975.92	S/. 32,231.14

En la tabla 4.2 se puede observar que todos los insumos y materiales presentan un incremento significativo en el costo de hacer pedidos, esto se debe a que se ha disminuido el tamaño de los pedidos, aumentando la cantidad de estos.

Tabla 4.3: Comparación de los Costos mantener inventario.

Insumos y Materiales	Costo de Mantener Inv.	
	2015-2016	Propuesto
COLOR CARAMELO	S/. 21,290.58	S/. 14,707.09
SAL YODADA	S/. 6,038.95	S/. 4,617.41
AZUCAR RUBIA	S/. 21,273.58	S/. 8,717.77
TORTA DE SOYA	S/. 60,720.80	S/. 12,338.66
BOTELLAS 150 ML	S/. 6,129.70	S/. 10,529.36
BOTELLAS 280 ML	S/. 1,080.60	S/. 4,510.92
BOTELLAS 500 ML	S/. 2,947.22	S/. 15,587.29
TAPAS 150 ML	S/. 9,335.01	S/. 8,039.28
TOTAL	S/. 128,816.43	S/. 79,047.78

En la tabla 4.3 se muestra la disminución del costo de mantener inventarios de los 4 insumos y las tapas 150ml, solo las botellas presentan un incremento en este costo.

Estas variaciones son inversamente proporcionales al índice de rotación de inventarios, quiere decir que entre mayor sea la rotación de inventarios, menor será el costo por mantenerlo. De los gráficos de Niveles de Stocks 2015-16 mostrados anteriormente, se podía observar que las botellas presentaban mayor rotación lo cual las hacían más susceptibles a presentar desabastecimiento.

De acuerdo a cada modelo de insumo y material se puede calcular el índice de rotación de inventarios utilizando el Inventario Medio y la Demanda. La tabla 4.4 muestra la comparación entre el índice de rotación de la situación actual (Tabla 3.15) y el propuesto.

Tabla 4.4: Comparación de Índice de Rotación de Inventarios.

INSUMO-MATERIAL	2015-16	Propuesto
	Veces/año	Veces/año
COLOR CARAMELO	4.8	8.4
SAL YODADA	16.7	26.2
AZUCAR RUBIA	11.2	31.1
TORTA DE SOYA	2.3	13.3
BOTELLAS 150 ML	71.4	49.4
BOTELLAS 280 ML	85.4	26.7
BOTELLAS 500 ML	78.9	16.4
TAPAS 150 ML	14.6	20.1

Finalmente se compara los costos de faltantes, los reales que se tuvieron en el periodo 2015-16, y el valor esperado por cada modelo propuesto.

Tabla 4.5: Comparación de los Costos de Faltantes.

Insumos y Materiales	Costo de Faltantes Pendientes	
	2015-2016	Propuesto
COLOR CARAMELO	S/. 0.00	S/. 927.31
SAL YODADA	S/. 0.00	S/. 118.75
AZUCAR RUBIA	S/. 3,785.56	S/. 374.90
TORTA DE SOYA	S/. 0.00	S/. 818.12
BOTELLAS 150 ML	S/. 8,716.30	S/. 3,084.04
BOTELLAS 280 ML	S/. 288.56	S/. 17.47
BOTELLAS 500 ML	S/. 2,673.49	S/. 2,170.41
TAPAS 150 ML	S/. 0.00	S/. 666.59
TOTAL	S/. 15,463.91	S/. 8,177.59

En la tabla 4.5 se visualiza que gran parte de los costos de faltante en el periodo anterior fueron debido a las botellas, para este periodo se espera reducir esos costos y como total sigue siendo menor a pesar de que se estima faltantes para los otros insumos.

Si se suma los 3 costos y se compara el total se visualiza una disminución de S/. 40,799.75 entre el periodo 2015-16 y el actual propuesto. Esta diferencia se debe principalmente a la reducción del Costo de Mantener.

Tabla 4.6: Comparación de los Costos Totales.

Insumos y Materiales	Costo Total	
	2015-2016	Propuesto
COLOR CARAMELO	S/. 22,033.64	S/. 18,582.44
SAL YODADA	S/. 9,382.74	S/. 8,030.88
AZUCAR RUBIA	S/. 26,731.03	S/. 13,931.87
TORTA DE SOYA	S/. 61,835.40	S/. 16,667.40
BOTELLAS 150 ML	S/. 17,632.50	S/. 19,777.47
BOTELLAS 280 ML	S/. 3,226.83	S/. 7,918.63
BOTELLAS 500 ML	S/. 8,407.21	S/. 21,746.22
TAPAS 150 ML	S/. 11,006.91	S/. 12,801.63
TOTAL	S/. 160,256.27	S/. 119,456.52

De acuerdo a información recogida de los resultados 2015-16, se sabe que los márgenes de utilidad: *Gross Profit* y *Operating Profit* fueron de aproximadamente 42.44% y 8.95% respectivamente, además se conoce el costo de ventas o de fabricación por ser una empresa de manufactura y la cantidad vendida de productos de Salsa de Soya para el periodo 2015-16, por lo que se creó un estado de resultados parcial considerando que los ratios se mantienen en el producto analizado.

Tabla 4.7: Estado de Resultados Parcial de Salsa de Soya 2015-16.

2015-16	En miles de S/
Ventas	S/. 15,515
Costo de Ventas	S/. 8,931
Utilidad Bruta	S/. 6,584
Gastos Operativos	S/. 5,196
Utilidad Operativa	S/. 1,388

Sin embargo, al reducir los costos asociados a inventarios en S/. 40,799.75 calculados en la tabla 4.6, la utilidad operativa se incrementará en la misma cantidad, llegando a S/. 1,429 y el margen operativo, que es el porcentaje de este respecto a las ventas totales de Salsa de Soya ascendería de 8.95% a 9.21%.

$$Margen\ Operativo = \frac{Utilidad\ Operativa}{Ventas\ Totales}$$

Tabla 4.8: Incremento del Margen Operativo en la Salsa de Soya.

	Utilidad Operativa	Margen Operativo
2015-16	S/. 1,388	8.95%
Propuesto	S/. 1,429	9.21%.

Con ello se puede afirmar que una reducción de costos relacionado a inventarios, puede influir de manera positiva sobre los márgenes de utilidad.

Otro de los beneficios que trae una adecuada gestión del planeamiento y control de los insumos y materiales es la liquidez que le puede generar a la empresa, pues al tener mayor rotación de inventario se reduce la inversión de dinero en estos ítems, es decir disminuye el activo corriente, y este a su vez puede reducir las obligaciones de la empresa en corto plazo o también llamado pasivo corriente.

Una forma de estimar este beneficio es comparando el valorizado de los inventarios al cierre de un periodo, para ello se multiplica el precio del ítem por su inventario medio anual.

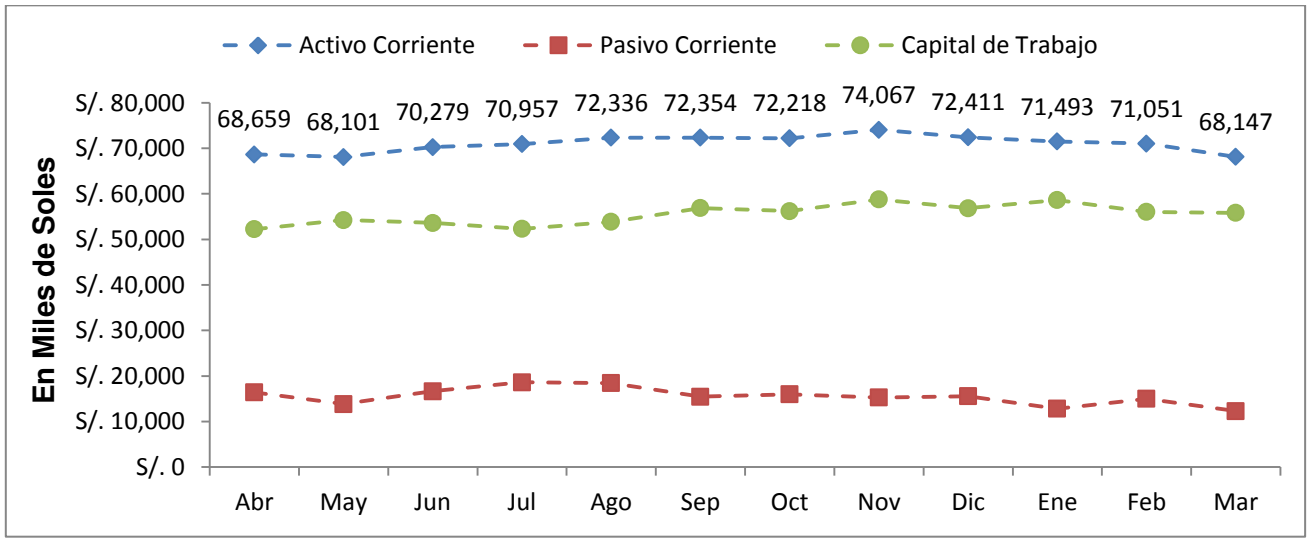
Tabla 4.9: Comparación de Valorizado de Inventarios al cierre de un periodo.

Insumos y Materiales	**Inventario Promedio en Cierre**	
	2015-2016	**Propuesto**
COLOR CARAMELO	S/. 53,226.44	S/. 36,767.73
SAL YODADA	S/. 15,097.37	S/. 11,543.52
AZUCAR RUBIA	S/. 53,183.94	S/. 21,794.42
TORTA DE SOYA	S/. 151,802.01	S/. 30,846.66
BOTELLAS 150 ML	S/. 15,324.25	S/. 26,323.39
BOTELLAS 280 ML	S/. 2,701.49	S/. 11,277.31
BOTELLAS 500 ML	S/. 7,368.06	S/. 38,968.22
TAPAS 150 ML	S/. 23,337.52	S/. 20,098.21
TOTAL	**S/. 322,041.09**	**S/. 197,619.46**

En la Tabla 4.9 se puede visualizar que algunos se incrementan y otros se reducen, pero como total hay una reducción de S/. 124,421.63 (38.64%) en el valorizado de inventario al cierre de un periodo, lo cual debería de mejorar el ratio de liquidez de la empresa.

En el Gráfico 4.1 se muestra el comportamiento del activo corriente y el pasivo corriente de la empresa en el periodo 2015-16, al cociente de estos se le conoce como índice de liquidez el cual permite analizar la capacidad de la empresa para cumplir con sus obligaciones o deudas en un corto plazo. Así mismo la diferencia de estos permite calcular el capital de trabajo o capital circulante, que es el efectivo del cual dispone para poder seguir realizando sus actividades económicas mientras cobra lo que vende.

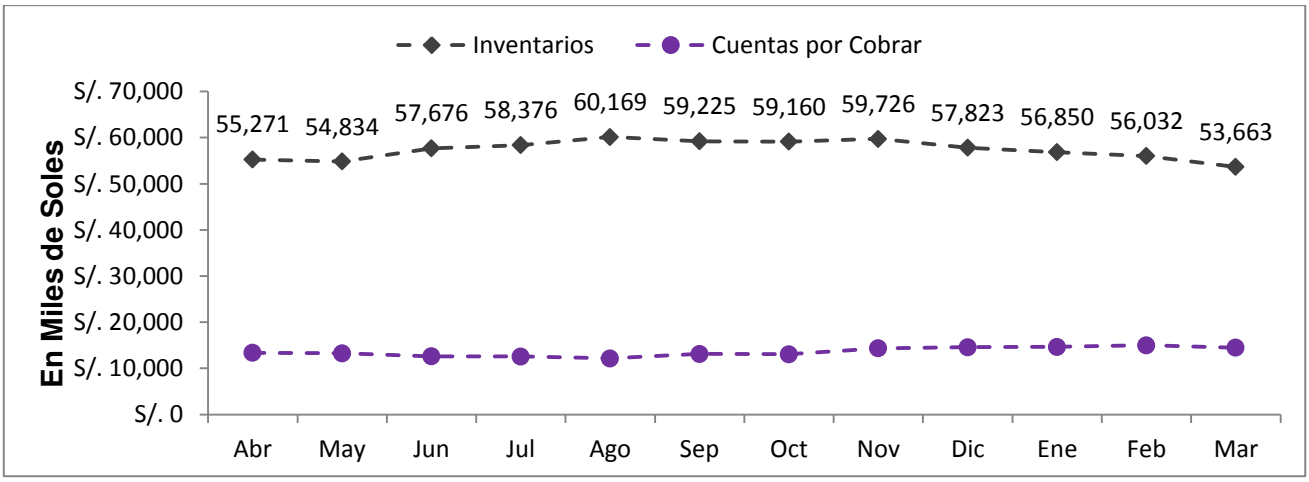
Gráfico 4.1: Activo Corriente, Pasivo Corriente y Capital de Trabajo 2015-16.



Se puede ver rápidamente que el activo corriente es mayor al pasivo corriente lo que da a entender que la empresa tiene capacidad de liquidez, además el capital de trabajo también es mayor al pasivo corriente, lo que puede significar una buena gestión de las cuentas por cobrar y pagar.

Y si analizamos los activos corrientes, (Ver Gráfico 4.2) se puede observar que gran parte de estos se debe a inventarios en general.

Gráfico 4.2: Inventarios del Activo Corriente 2015-16.



Estos valores pertenecen a todos los productos e insumos de la empresa, por lo que se decide aproximar cada uno de ellos solo para la salsa de soya. Para ello se multiplica a todos por un factor de participación de inventario por producto y se halla el promedio de los mismos, considerando el supuesto que el que tiene mayor inventario, también tendrá mayor activo corriente, pasivo corriente y capital de trabajo.

Tabla 4.10: Participación de Inventarios por Centro de Producción

Tipo	% Inventarios
Centro de Prod. 1	44.81%
Centro de Prod. 2	26.32%
Centro de Prod. 3	14.71%
Centro de Prod. 4	3.64%
Salsa de Soya	3.73%
Otros	6.79%

Tabla 4.11: Activo Corriente Promedio de Salsa de Soya 2015-16.

Promedio 2015-16	En Miles de S/
▼ Activo Corriente	S/. 2,649
• Inventarios	S/. 2,141
• Cuentas por Cobrar	S/. 508
▼ Pasivo Corriente	S/. 580
• Cuentas por Pagar	S/. 580
▼ Capital de Trabajo	S/. 2,069

La tabla 4.11 muestra cuanto ha sido el inventario promedio en el 2015-16 para la Salsa de Soya en miles de soles, a este valor se le aplica la reducción esperada de S/. 124,421.63 obtenida en la tabla 4.9, este efecto hace que también se reduzca los pasivos corrientes, ya que al tener mayor dinero disponible se puede pagar las deudas pendientes.

Tabla 4.12: Reducción de Inventarios en el Activo Corriente de Salsa de Soya.

En Miles de S/	2015-16	Reducción	Propuesto
▼ Activo Corriente	S/. 2,649		S/. 2,524
• Inventarios	S/. 2,141	S/. 124	S/. 2,017
• Cuentas por Cobrar	S/. 508		S/. 508
▼ Pasivo Corriente	S/. 580		S/. 455
• Cuentas por Pagar	S/. 580	S/. 124	S/. 455
▼ Capital de Trabajo	S/. 2,069		S/. 2,069

Utilizando los datos de la tabla 4.12 se puede calcular la variación del indicador de liquidez por la reducción de inventarios. La prueba corriente se calcula dividiendo el activo corriente entre el pasivo corriente, y la prueba acida reduciendo los inventarios al activo corriente y luego dividiendo entre el pasivo.

$$Prueba\ de\ Liquidez\ Corriente = \frac{Activo\ Corriente}{Pasivo\ Corriente}$$

$$Prueba\ de\ Liquidez\ Acida = \frac{Activo\ Corriente - Inventarios}{Pasivo\ Corriente}$$

Tabla 4.13: Incremento de Liquidez Corriente y Acida de en la Salsa de Soya.

	Prueba Corriente	Prueba Acida
2015-16	4.57	0.88
Propuesto	5.55	1.12

De la tabla 4.13 se puede afirmar que existe una mejora en la liquidez corriente de la empresa, pues por cada S/1.00 que la empresa tenga como obligación de pago en un corto plazo, podrá generar ahora S/ 5.55 y no S/. 4.57 en el mismo plazo.

Respecto a la prueba acida, si la empresa tuviera la necesidad de cubrir todas sus obligaciones de pago de la Salsa de Soya sin utilizar sus inventarios puede hacerlo ya que este indicador es mayor a 1, mientras que antes solo llegaba a cubrir el 88%de sus obligaciones.

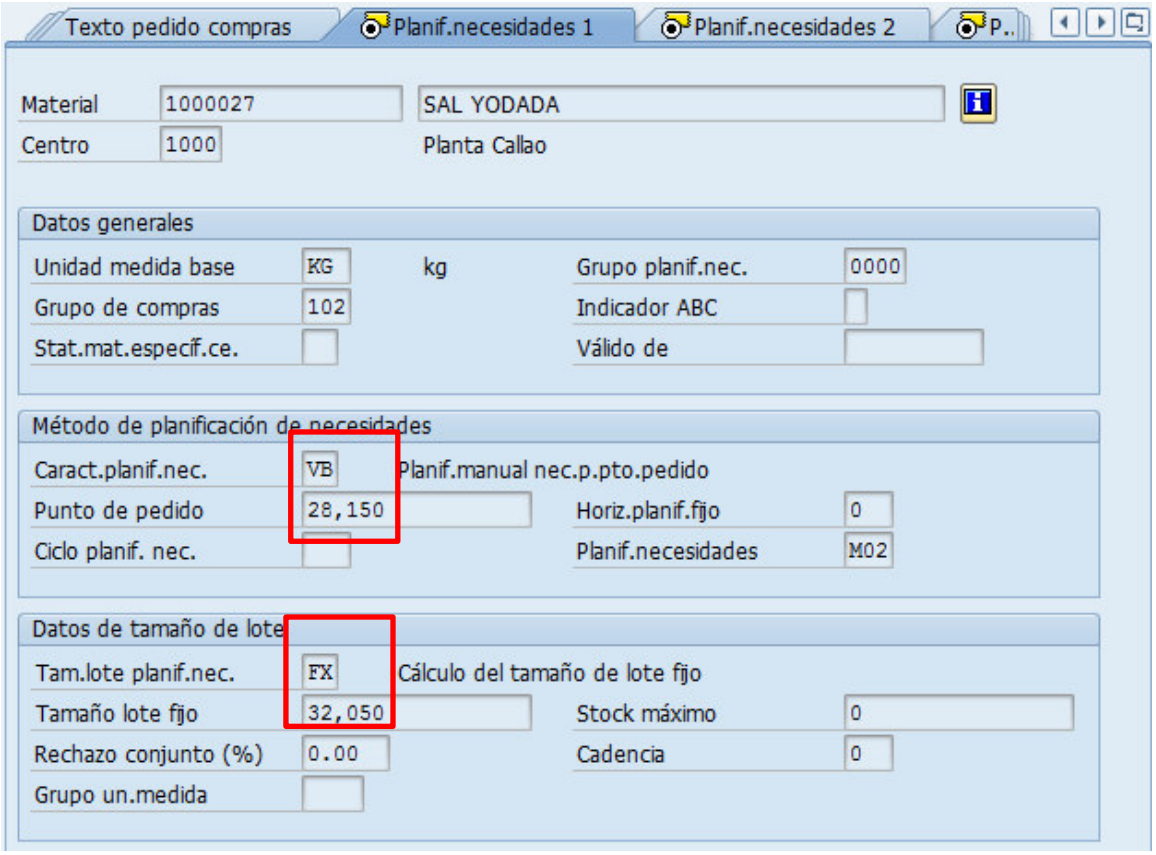
4.2 APLICACIÓN EN EL ERP SAP

Como parte final de la presente tesis, se procede a integrar los modelos de inventarios analizados con el sistema de información de la empresa, en este caso es el ERP SAP R/3.

Para ello lo primero que se hace es actualizar la data maestra de los insumos y materiales seleccionados con la transacción MM02. El tipo de planificación dependerá si el insumo o material es del Modelo (r, q) o del Modelo (R, S).

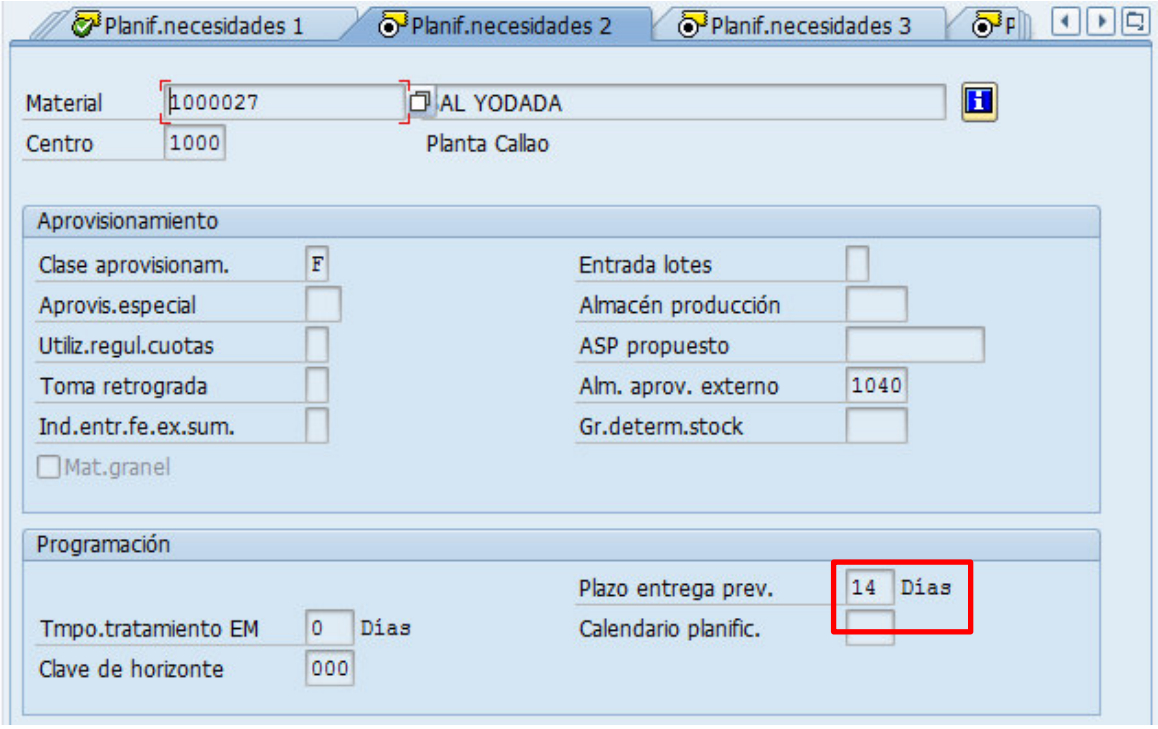
Para el Modelo (r, q), se modifica la pestaña *Planif. Necesidades 1* según se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 4.3: Actualización de "r" y "q" de la Sal Yodada en SAP.



Así mismo se actualiza el valor esperado del tiempo de entrega en la pestaña *Planif. Necesidades 2.*

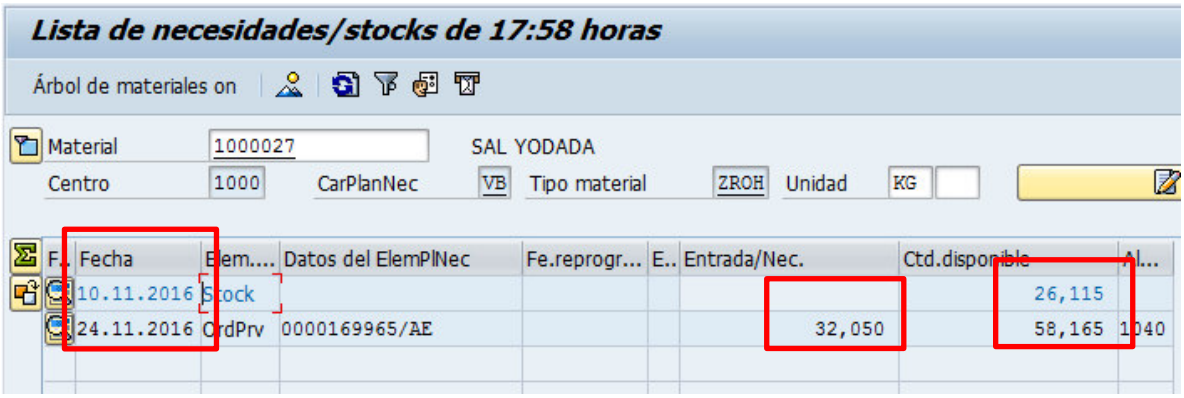
Gráfico 4.4: Actualización de Lead Time de Sal Yodada en SAP.



Este tipo de planificación *VB,* no muestra las necesidades secundarias en la lista de necesidades (MD04), solo muestra el stock en tiempo real, los ingresos futuros planificados y consumos bajo órdenes de fabricación.

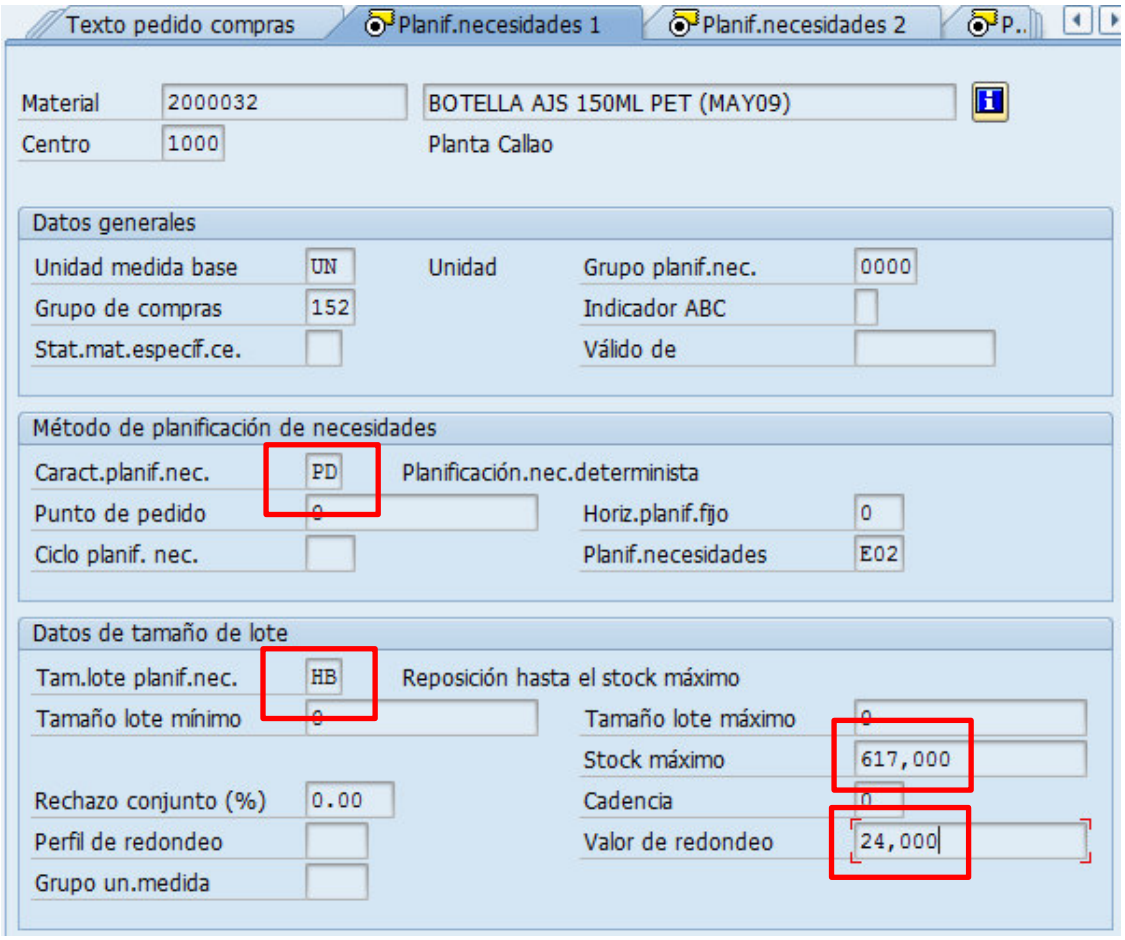
Cuando se corra el MRP mediante de la transacción MD01, si el stock real en dicho momento es menor al punto de pedido, se lanzará automáticamente una solicitud de pedido u orden previsional equivalente a la cantidad óptima fijada y se visualizara su ingreso después del lead time evaluado.

Gráfico 4.5: Lanzamiento de Solicitudes de Pedido en SAP.



Para el Modelo (R, S) de las Botellas y el Color Caramelo se modifica la pestaña *Planif. Necesidades 1* de la siguiente forma:

Gráfico 4.6: Actualización de Posición de Inventario "S" en SAP.



A diferencia del Modelo anterior, en el Modelo (R, S) el único parámetro que debe ir en la data maestra, es la posición de inventario ”S” en la casilla de *Stock Máximo.*

Este tipo de planificación considera las necesidades secundarias por lo que cuando se corra el MRP nuevamente lanzara un pedido equivalente a la diferencia entre el stock disponible y el stock máximo

Gráfico 4.7: Lista de Necesidades de Botellas hasta el 01.12.16.

Lista de necesidades/stocks de 18:24 horas

Árbol de materiales on

Material 2000032 BOTELLA AJS 150ML PET (MAY09)

Centro 1000 CarPlanNec PD Tipo material ZERP Unidad UN

F..	Fecha	Elem....	Datos del ElemPlNec	Fe.reprogr...	E..	Entrada/Nec.	Ctd.disponible	Al...
	18.11.2016	RepPed	4500034363/00030			24,000	134,576	1040
	19.11.2016	RepPed	4500034363/00030			24,000	158,576	1040
	19.11.2016	NecSec	8000180			37,200-	121,376	2040
	21.11.2016	RepPed	4500034363/00030			24,000	145,376	1040
	21.11.2016	NecSec	8000180			44,640-	100,736	2040
	22.11.2016	NecSec	8000180			44,640-	56,096	2040
	23.11.2016	RepPed	4500034363/00030			24,000	80,096	1040
	24.11.2016	RepPed	4500034363/00030			24,000	104,096	1040
	24.11.2016	NecSec	8000180			22,320-	81,776	2040
	25.11.2016	RepPed	4500034363/00030			24,000	105,776	1040
	25.11.2016	NecSec	8000180			44,640-	61,136	2040
	26.11.2016	RepPed	4500034363/00030			24,000	85,136	1040
	26.11.2016	NecSec	8000180			44,640-	40,496	2040
	27.11.2016	RepPed	4500034363/00030			48,000	88,496	1040
	28.11.2016	RepPed	4500035063/00010		20	48,000	136,496	1040
	29.11.2016	NecSec	8000180			37,200-	99,296	2040
	30.11.2016	RepPed	4500035063/00020		20	24,000	123,296	1040
	30.11.2016	NecSec	8000180			14,880-	108,416	2040
	01.12.2016	RepPed	4500035063/00030		20	24,000	132,416	1040

Según el Gráfico 4.7 el stock disponible al 01 de diciembre será de 132,416 UN, por lo que al correr el MRP (MD01), se generará una solicitud de compra equivalente a la diferencia entre el máximo stock posible y dicho valor.

Gráfico 4.8: Generación de Pedido del Modelo (R,S) en SAP.

Lista de necesidades/stocks de 18:43 horas

Árbol de materiales on

Material 2000032 BOTELLA AJS 150ML PET (MAY09)

Centro 1000 CarPlanNec PD Tipo material ZERP Unidad UN

F..	Fecha	Elem....	Datos del ElemPlNec	Fe.reprogr...	E..	Entrada/Nec.	Ctd.disponible	Al...
	25.11.2016	RepPed	4500034363/00030			24,000	105,776	1040
	25.11.2016	NecSec	8000180			44,640-	61,136	2040
	26.11.2016	RepPed	4500034363/00030	29.11.2016	15	24,000	85,136	1040
	26.11.2016	NecSec	8000180			44,640-	40,496	2040
	27.11.2016	RepPed	4500034363/00030	30.11.2016	15	48,000	88,496	1040
	28.11.2016	RepPed	4500035063/00010		20	48,000	136,496	1040
	29.11.2016	NecSec	8000180			37,200-	99,296	2040
	30.11.2016	RepPed	4500035063/00020		20	24,000	123,296	1040
	30.11.2016	OrdPrv	0000181960/AE *		20	480,000	603,296	1040
	30.11.2016	NecSec	8000180			14,880-	588,416	2040
	01.12.2016	RepPed	4500035063/00030		20	24,000	612,416	1040

Considerando que los pedidos son múltiplos de 24,000 UN por la capacidad de transporte, se ha generado una solicitud de compra igual a 480,000 con lo que el stock al 01 de diciembre será 612,416 UN.

Se debe considerar que cada vez que se corra el MRP, solo se debe visualizar en la lista de necesidades un horizonte igual al tiempo de entrega $E\ (L)$ más los días entre revisión R, el Gráfico mostrado tiene una fecha de corrida igual al 10 de Nov, por lo que su horizonte aceptable es hasta 20+11 = 31 días más o el 11 de dic.

CONCLUSIONES

- El valor esperado de la demanda $E(D)$ es directamente proporcional a la cantidad óptima de pedido en el Modelo (r, q).
- El precio de compra es directamente proporcional al costo de mantener inventario e inversamente al tamaño del pedido, pudiendo este llegar a ser menor a la demanda durante la espera $E(X)$ y que no aplique el Modelo (r, q). Ejm: Botellas
- El valor esperado del tiempo de entrega $E(L)$ no influye en el tamaño del pedido, sin embargo si lo hace en la demanda durante la espera $E(X)$, por lo que tiempos de entrega muy largos ocasionan tener más de un pedido en curso y que no aplique el modelo (r, q) . Ejm: Color Caramelo.
- La variabilidad de la demanda $V(D)$ o la desviación de esta, no influye significativamente sobre el punto de reorden y el stock de seguridad, sin embargo, la del tiempo de entrega $V(L)$ si incrementa dichos valores en el Modelo (r, q).
- En el Modelo (R, S) cuando la Demanda se incrementa también lo hace el tamaño de pedido implícitamente, sin embargo, en menor tasa, por lo que el tiempo entre revisión R tiende a disminuir.
- En el Modelo (R, S), la posición de inventario S es directamente proporcional a la demanda y el tiempo de entrega, lo mismo pasa con r en el Modelo (r, q).
- La variabilidad del tiempo de entrega $V(L)$ en el Modelo (R, S), incrementa la posición de Inventario y el Stock de Seguridad como en el modelo (r, q)

- Para los insumos y materiales analizados, el nivel de servicio en el costo optimo es alto (>95%), debido a que la probabilidad de que haya un quiebre $\frac{hq^*}{pE(\boldsymbol{D})}$ resulta un numero bastante bajo por el costo de faltante p.
- Durante las iteraciones del algoritmo de solución, se puede ver que el tamaño de pedido optimo no es muy lejano del modelo determinístico EOQ, por ello algunos autores lo consideran igual.

RECOMENDACIONES

- Cuando se identifique una tendencia marcada en la demanda durante distintos periodos, ya sea gráficamente o utilizando el coeficiente de variación, es preferible usar un periodo cerrado para reducir la variabilidad de esta.
- Utilizar modelos para realizar pronósticos puede dar mayor confiabilidad al momento de ajustar una demanda futura a una distribución de probabilidad teórica.
- Evaluar la confiabilidad de los proveedores y considerar otros alternativos, con la finalidad de reducir la variabilidad del tiempo de entrega y el stock de seguridad.
- Considerar estrategias de compras con los proveedores si se quiere reducir el tiempo de entrega o los precios, y poder utilizar Modelos de un solo pedido.
- Planificar la Demanda en el sistema ERP SAP con horizonte mínimo al mayor tiempo de entrega, de tal manera se pueda actualizar el MRP de manera automática para el modelo (R, S).
- Crear una base de datos de la demanda durante el tiempo de entrega y verificar directamente que se ajustan a una distribución normal y reforzar los supuestos tomados al inicio del trabajo.
- Crear una plantilla para calcular los parámetros de cada modelo a todos los demás insumos y materiales de la empresa y aplicarlo a toda la empresa mejorando los indicadores financieros a nivel macro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alberola, L. C. (2004) *Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos.* Valladolid : Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial
- Babai, M. Z. & Syntetos, A. A. (2007) Dynamic Inventory Control System with lead-time uncertainty: analysis and empirical investigation.
- Ballou, R. H. (2004) *Logística, Administración de la cadena de Suministro.* Atlacomulco, México: Pearson Educación
- Chapman, S. N. (2006) *Planificación y Control de la Producción.* Atlacomulco, México: Pearson Educación
- Chase, R. B., Jacobs, F. R. y Aquilano, N. J. (2009) *Administración de Operaciones* México: Interamericana Editores, S. A. de C.V.
- Chopra, S., Reinhardt, G. & Dada, M. (2004). The effect of lead time uncertainty on safety stocks. *Decision Sciences, vol. 35* (1) 1-15.
- Constantin, A. (2016) Inventory management, service level and safety. *Journal of Public Administration, Finance and Law.* (9) *145-152.*
- Gutierrez, E., Gonzales, C., Hurtado, M. y Panteleeva, O. (2013) Aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de revisión. *Ingeniería Investigación y Tecnología, vol. 14* (4) 537-551.
- Hillier, F. S. y Lieberman, G. J. (2006) *Introducción a la Investigación de Operaciones.* México: Interamericana Editores, S. A. de C.V.

- Izar, J. M., Guarneros, O. e Ynzunza, C. (2016) Variabilidad de la demanda del tiempo de entrega, existencias de seguridad y costo del inventario. *Contaduría y Administración, vol. 61* (3) 499-513.
- Izar, J.M. e Ynzunza, C. (2015) Estimación de las existencias de seguridad para artículos con tiempo de entrega aleatorio y demanda con distribución normal y uniforme. *Revista Investigación Operacional, vol. 36* (1) 70-84.
- Izar, J.M, Sarmiento, R. e Ynzunza, C. (2012) Determinación del costo del Inventario con el Método Hibrido. *Conciencia Tecnológica,* (44) 30-35.
- Mendenhall, W., Beaver, R. y Beaver, B. (2010) *Introducción a la probabilidad y estadística.* Santa Fe: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Taha, H. A. (2012) *Investigación de Operaciones.* México: Pearson Educación
- Vitoriano, B. (2013) *Modelos y Métodos de Simulación Estocástica. Aplicación en la valoración de opciones financieras.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Winston, W. L. (2005) *Investigación de Operaciones* México: International Thomson Editores, S.A.
- Zarco, J. A. (2012) *Modelo de Inventario con Demanda Estocástica aplicado a una empresa comercializadora de Madera* (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.